



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

BIM4DAMSAFETY – BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

Relatório de progresso do projeto do P2I/LNEC 2021/2027



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

BIM4DAMSAFETY – BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

Relatório de progresso do projeto do P2I/LNEC 2021/2027

Lisboa • maio 2026

I&D BARRAGENS DE BETÃO

RELATÓRIO 183/2026 – DBB/NO

Título

BIM4DAMSAFETY - BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

Relatório de progresso do projeto do P2I/LNEC 2021/2027

Autoria

DEPARTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO

Carlos Serra

Investigador Auxiliar, Núcleo de Observação

João Conde Silva

Investigador Auxiliar, Núcleo de Observação

António Lopes Batista

Investigador-Coordenador, Diretor do Departamento de Barragens de Betão

Juan Mata

Investigador Auxiliar, Núcleo de Observação

Dora Roque

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Geodesia Aplicada

António Tavares de Castro

Investigador Principal, Chefe do Núcleo de Observação

Hugo Fernandes

Investigador Doutorado, Núcleo de Observação

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 183/2026

Proc. 0403/1102/24151

BIM4DAMSAFETY - BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

Relatório de progresso do projeto do P2I/LNEC 2021/2027

Resumo

Descreve-se a atividade de investigação realizada no projeto BIM4DamSafety até final de 2025, no âmbito da implementação do Building Information Modelling (BIM) às atividades de controlo de segurança estrutural de barragens de betão. Os resultados das diferentes atividades são analisados e avaliados, face aos objetivos inicialmente previstos.

Palavras-chave: Projeto BIM4DamSafety / Building Information Modelling (BIM) / Barragens de betão / Controlo de segurança estrutural

BIM4DAM SAFETY – BIM IN THE STRUCTURAL SAFETY CONTROL OF CONCRETE DAMS

Progress report of the P2I/LNEC 2021/2027 project

Abstract

This report describes the research activities carried out in the BIM4DamSafety project up to the end of 2025, as part of the implementation of Building Information Modelling (BIM) in structural safety control activities for concrete dams. The results of the different activities are analyzed and assessed, considering the initially planned objectives.

Keywords: BIM4DamSafety project / Building Information Modelling (BIM) / Concrete dams / Structural safety control

Índice

1	Introdução	1
2	Atividade desenvolvida.....	4
2.1	Considerações gerais	4
2.2	Descrição da atividade desenvolvida.....	4
2.3	Descrição de outras atividades desenvolvidas relacionadas com o projeto BIM4DamSafety e com a metodologia BIM	6
2.4	Adaptações das atividades e reformulação do projeto	7
2.5	Aplicações a estudos por contrato	8
2.6	Apreciação da atividade desenvolvida.....	8
2.7	Perspetivas para desenvolvimento do plano de atividades.....	9
3	Divulgação de resultados e participação em eventos técnico-científicos	10
3.1	Considerações iniciais	10
3.2	Publicações em relatórios, livros, revistas e congressos	10
3.2.1	Relatórios técnicos e científicos.....	10
3.2.2	Artigos em revistas internacionais	10
3.2.3	Comunicações em encontros internacionais	10
3.2.4	Comunicações em encontros nacionais	11
3.3	Participação em encontros técnico-científicos.....	11
3.4	Organização de eventos técnicos nacionais	11
4	Indicadores de desempenho, recursos mobilizados e financiamento	12
4.1	Indicadores de desempenho.....	12
4.2	Recursos humanos mobilizados	13
4.3	Financiamento.....	13
5	Considerações finais	14
	Referências bibliográficas	16
	ANEXOS	17
	ANEXO I Ficha de projeto	19
	ANEXO II Ficha de autoavaliação do projeto.....	49
	ANEXO III Ficha de reformulação do projeto	61

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Indicadores de desempenho (publicações e outros produtos)	12
Quadro 4.2 – Afetação de recursos humanos do LNEC	13

1 | Introdução

O projeto “BIM4DamSafety - BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão” está integrado no Plano de Investigação e Inovação (P2I) do LNEC e tem enquadramento na Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I 21-27), com o tema principal “Indústria 4.0 - Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão” e tema secundário “Construção - Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído”.

O projeto BIM4DamSafety enquadra-se nos principais temas e objetivos de investigação do Departamento de Barragens de Betão (DBB), nomeadamente na digitalização e no desenvolvimento de metodologias de suporte às atividades de controlo da segurança de barragens de betão e de alvenaria e suas fundações.

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas metodologias de apoio às atividades de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base o “Building Information Modelling” (BIM).

Neste contexto, o contributo do projeto para o apoio às atividades de monitorização consistirá na normalização e estruturação de conceitos, definições, propriedades e processos, a sua incorporação num sistema de classificação existente e a sua aplicação corrente no acompanhamento de barragens em Portugal.

Pretende-se contribuir para a digitalização das principais atividades, nomeadamente o desenvolvimento de um processo sistemático para o registo de ocorrências em inspeções visuais, de um sistema de classificação do estado de conservação das estruturas e de manutenção dos instrumentos de observação e a integração de informação descritiva de anomalias. Um dos objetivos do projeto é a incorporação de informação geométrica proveniente de produtos gerados por fotogrametria e processamento digital de imagens num modelo BIM tridimensional que contenha a informação relevante para a avaliação da segurança estrutural das obras.

No contexto atual de implementação da metodologia BIM em Portugal, existe a necessidade de estabelecer uma estratégia para a implementação BIM a barragens, com particular atenção para o contexto e premissas do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB).

A definição de uma proposta de implementação BIM para a realidade portuguesa passa necessariamente pela concertação dos vários intervenientes, nomeadamente a Autoridade Nacional de Segurança de Barragens, desempenhada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o LNEC, a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), a Comissão de Segurança de Barragens (CSB) e os donos de obra. Deverão ser desenvolvidos procedimentos centralizados para o apoio a esta implementação BIM tanto para obras novas como para obras existentes de grandes dimensões. Estes procedimentos serão baseados na estrutura existente do sistema de gestão de informação de segurança de barragens (gestBarragens), utilizado atualmente para o apoio às atividades de controlo de segurança pelos donos de obra, Autoridade e LNEC.

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos para melhorar o processamento da informação e a interação entre intervenientes;
- b) Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos, como a localização, dimensões, tipo de dispositivo e propriedades não geométricas, como designação, estado de manutenção e resultados da observação;
- c) Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos como forma, localização e dimensões e propriedades não geométricas como data de registo, estado da ocorrência, características e propriedades da ocorrência;
- d) Estabelecimento de critérios para a classificação do estado de conservação de barragens de betão com base na informação recolhida nas atividades de controlo de segurança;
- e) Aplicação das metodologias desenvolvidas a um caso de estudo de uma barragem em fase de exploração;
- f) Divulgação pela comunidade técnica e científica e elaboração de recomendações.

Seguindo a sequência de aprovação de programas e projetos de investigação, após a elaboração da ficha de projeto, o painel de apreciação proposto pelo DBB, constituído por Luís Lamas, Juan Mata e Luís Oliveira Santos (este último como elemento externo ao DBB), procedeu à sua análise. No dia 22 de março de 2024 a CCD/DBB ratificou as fichas de apreciação.

O projeto BIM4DamSafety foi submetido para aprovação no dia 27 de março de 2024, através da informação n.º 94/2024 do DBB, tendo como data de início 1 de janeiro de 2024 e uma duração de 48 meses. O Conselho Diretivo do LNEC aprovou o projeto em 1 de abril de 2024, tendo-lhe sido atribuído o número de processo 0403/1102/24151. O presente relatório considera toda a atividade desenvolvida em 2024 e 2025, sendo os indicadores apresentados respeitantes a este período.

No decorrer dos primeiros dois anos de projeto, surgiram várias sinergias com projetos de investigação coordenados por outros departamentos do LNEC (*Advancing FrontTier Research In the Arts and hUManities* (ATRIUM) e *Applying Reactive Twins to Enhance Monument Information Systems* (ARTEMIS)), com o estudo por contrato da avaliação da resistência ao fogo da estrutura do túnel da Av. João XXI, em Lisboa e com a participação na definição da Estratégia Nacional PortugalBIM. Surgiu também a oportunidade de criar e lecionar uma formação interna sobre a metodologia BIM, para os trabalhadores do LNEC, em novembro de 2025. Estas sinergias são decorrentes do impulso que a metodologia BIM e a digitalização do ambiente construído está a ter neste momento e constituem oportunidades para desenvolver competências transversais que são úteis para o projeto BIM4DamSafety.

Este relatório destina-se a apresentar o progresso das atividades definidas no projeto BIM4DamSafety, em 2024 e 2025, referindo as adaptações que foram ocorrendo no decurso dos trabalhos. São também apresentados os elementos de divulgação dos resultados, os indicadores de desempenho e a

distribuição dos recursos humanos do LNEC. Propõe-se ainda a agregação do Investigador Doutorado Eng.º Hugo Fernandes (também do DBB) ao projeto.

Este documento está estruturado em 5 capítulos, incluindo a introdução (Capítulo 1) e as considerações finais (Capítulo 5). No capítulo 2 descrevem-se as atividades propostas no projeto, os respetivos desenvolvimentos desde 2024, a apreciação da atividade desenvolvida e ainda as perspetivas no cumprimento do plano de trabalhos. No capítulo 3 são listadas as publicações realizadas no âmbito do projeto e projetos afins. No capítulo 4 são apresentados os indicadores de desempenho, a afetação dos recursos humanos e as possibilidades de financiamento externo.

No Anexo I encontra-se a ficha de projeto aprovada pelo Conselho Diretivo, no Anexo II apresenta-se a ficha de autoavaliação, conforme previsto na E2I 21-27 e o Anexo III corresponde à ficha de reformulação do projeto.

2 | Atividade desenvolvida

2.1 Considerações gerais

O projeto BIM4DamSafety visa estabelecer as bases para a implementação da metodologia BIM nas atividades de controlo de segurança de barragens de betão e obter uma proposta para a classificação do seu estado de conservação. Foram definidas cinco atividades a desenvolver em quatro anos, sendo que decorreram dois anos desde o início oficial do projeto. O cronograma das atividades tem sofrido adaptações, que se descrevem de seguida, sendo apresentadas e justificadas na ficha de autoavaliação (Anexo II).

2.2 Descrição da atividade desenvolvida

Descrevem-se, de seguida, os desenvolvimentos realizados em cada atividade:

- Atividade 1 - Revisão bibliográfica e levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens

A revisão bibliográfica prevista na tarefa 1 resultou em duas comunicações publicadas nas atas das respetivas conferências (Serra; 2022; Serra *et al.*; 2025). Foi levada a cabo uma pesquisa dos desenvolvimentos efetuados, nacional e internacionalmente, sobre a utilização da metodologia BIM no contexto de barragens. Adquiriu-se também conhecimento sobre as metodologias correntemente utilizadas na monitorização e inspeção de estruturas, em geral.

Relativamente à tarefa 2, levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens, promoveram-se e realizaram-se reuniões com dois dos donos de obra, EDP e Iberdrola, em junho de 2024. Foram também promovidas reuniões com a Autoridade (APA), que também contribuíram para uma das comunicações (Serra *et al.*; 2025).

- Atividade 2 - Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos

Pretende-se, com base nas recomendações existentes e na experiência dos vários intervenientes, obter consenso na definição de conceitos, termos e procedimentos no contexto do controlo de segurança de barragens de betão. Consequentemente, aplicar-se-á um sistema de classificação da construção, nomeadamente o UniClass2015, conforme previsto na tarefa 1, e definir-se-ão mapas de processos para as atividades de controlo de segurança de barragens, conforme previsto na tarefa 2.

A caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos em inspeções visuais de barragens, prevista na tarefa 3, encontra-se em desenvolvimento, tendo-se procedido ao estudo de metodologias de inspeção de barragens de betão e de outros tipos de estruturas e à recolha de diversos exemplos de inspeções de barragens de betão com vista à uniformização dos principais conceitos envolvidos e à identificação, qualificação e quantificação por tipos de ocorrências.

- Atividade 3 - Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM

Prevê-se o estabelecimento de uma base para a criação de modelos BIM para apoio às atividades de controlo de segurança de barragens de betão.

Para o efeito, no âmbito das tarefas 1 e 2, tem-se trabalhado no sentido de definir regras de modelação (elementos estruturais e instrumentação de barragens), assim como atributos e propriedades (*product data templates* de instrumentos de observação), tendo sido publicada uma comunicação que aborda estas questões, utilizando o software *opensource* Blender e o *Addon* Bonsai para a modelação geométrica e para o enriquecimento com informação segundo o esquema de dados IFC, o formato aberto utilizado em BIM (Serra *et al.*; 2024a). Destacam-se também os avanços proporcionados pelo projeto ATRIUM na definição de estratégias de modelação de objetos BIM, com a criação de um modelo BIM do forte do Paimogo.

No que diz respeito à tarefa 3, que diz respeito à definição de metodologias para a troca de informação entre o sistema de gestão de informação e o modelo BIM, não houve ainda avanços. Por fim, no âmbito da tarefa 4, a aplicação prática a um caso de estudo está descrita em Serra *et al.* (2024a).

- Atividade 4 - Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM

À semelhança da atividade anterior, pretende-se criar o procedimento para a incorporação de informação geométrica e alfanumérica dos registos de inspeções visuais de barragens de betão em modelos BIM.

A comunicação publicada na conferência ptBIM em 2024 (Serra *et al.*; 2024a) consiste num primeiro avanço para as duas primeiras tarefas desta atividade, nomeadamente através das contribuições para o estabelecimento de regras de modelação de ocorrências e anomalias e definição de uma metodologia para o registo sistemático de ocorrências e anomalias, com vista à sua importação para objetos no modelo BIM.

No âmbito da definição de metodologia para arquivo e partilha de informação de inspeções visuais usando o formato aberto BCF (tarefa 3), ainda não houve contribuições.

Finalmente, no contexto da tarefa 4, foram dados contributos no sentido da automatização de fichas e notas técnicas de inspeção visual, nomeadamente através de:

- a) desenvolvimento de formulários digitais para o registo de ocorrências durante as inspeções visuais (*DataScope* e *ArcGIS Survey 123*) (Serra *et al.*; 2024a);
- b) aquisição de câmara fotográfica 360° (prevista no projeto) e lâmpada de luz difusa, do decorrente registo fotográfico com câmara 360°;
- c) desenvolvimento de ferramentas para visualização das fotografias com anotações (visita virtual), utilizando a versão gratuita da plataforma comercial *Kuula* e, posteriormente, através de uma aplicação computacional customizada, em linguagem R.

Esta ferramenta foi já aplicada a várias obras, nomeadamente às barragens de Alto Ceira II, Castelo do Bode, Pedrógão, Fratel e Daivões (LNEC; 2026), assim como ao túnel da Av. João XXI, no âmbito do estudo por contrato da avaliação da sua resistência ao fogo, e à Muralha de Mértola, no âmbito do projeto ARTEMIS (LNEC; 2025).

Finalmente, no âmbito da tarefa 5 (Integração de produtos fotogramétricos e dados de caracterização de anomalias no modelo BIM), referem-se os seguintes desenvolvimentos:

- a) levantamento *laser scanning* das barragens de Castelo do Bode (paramento de montante e galeria) e do Fratel, incluindo a encosta da margem esquerda;
- b) obtenção de nuvens de pontos das obras por fotogrametria a partir de fotografias 360° captadas em algumas obras;
- c) desenvolvimento de um procedimento para a construção do modelo BIM de barragens a partir de nuvens de pontos (*scan-to-BIM*).

O primeiro passo para a aplicação prática a um caso de estudo, prevista no contexto da tarefa 6, foi apresentado em Serra *et al.* (2024a).

- Atividade 5 - Classificação do estado de conservação de barragens de betão

Esta atividade pretende desenvolver os critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação de barragens de betão, utilizando o modelo BIM como apoio à decisão. Nos dois anos iniciais do projeto, não houve avanços nesta atividade.

A tarefa 1 consiste na definição de critérios para a classificação do estado de conservação dos elementos estruturais e do estado de manutenção da instrumentação de barragens de betão, a tarefa 2 prevê a integração da classificação do estado de conservação e de manutenção de cada componente em modelo BIM, a tarefa 3 tem como objetivo definir critérios para a avaliação global do estado de conservação da obra, sendo a tarefa 4 a aplicação prática a um caso de estudo.

2.3 Descrição de outras atividades desenvolvidas relacionadas com o projeto BIM4DamSafety e com a metodologia BIM

Em 2024 e 2025 destacam-se também algumas atividades relacionadas com os desenvolvimentos e aplicação da metodologia BIM no LNEC:

- Participação do IA Carlos Serra nos projetos H2020 *Advancing FronTier Research In the Arts and hUManities* (ATRIUM) e *Applying Reactive Twins to Enhance Monument Information Systems* (ARTEMIS), coordenados pelo IP António Santos Silva, do Departamento de Materiais;
- Colaboração com a IA Sílvia Pereira no desenvolvimento de modelos BIM e mapeamento do esquema de dados IFC para a conservação de azulejos (Pereira *et al.*; 2024, Serra *et al.* 2024b);
- Participação do IA Carlos Serra, como representante do LNEC, na constituição da Estratégia Nacional PortugalBIM;
- Participação dos IA Carlos Serra e João Silva na “Sessão de Divulgação de Equipamentos para Levantamento Digital do Património” para apresentação da câmara fotográfica 360°, em junho de 2025;

- Elaboração de memorando sobre “Prefabricação na construção de edifícios de habitação e agilização do processo de licenciamento urbanístico”, em agosto de 2025, elaborado em resposta ao desafio lançado pelo Gabinete da Secretária de Estado da Habitação;
- Docência do curso de iniciação BIM no LNEC, em novembro de 2025.

Em 2024 e 2025, alguns elementos da equipa participaram em formações relacionadas com a temática do projeto:

- IA Carlos Serra no curso “IFC na prática”, em janeiro de 2024;
- IA Carlos Serra, João Silva e Dora Roque na ação de formação interna de “Desenvolvimento de aplicações móveis com *Survey123 for ArcGIS* (Iniciação)”, em julho de 2024;
- IA Carlos Serra no curso “Validação de modelos BIM com Bonsai (BlenderBIM)”, em outubro de 2024;
- IA Juan Mata e Dora Roque na formação interna “Big data e inteligência artificial”, entre novembro de 2024 e fevereiro de 2025;
- IA Carlos Serra e Juan Mata na ação de formação interna “2ª Edição de Power BI: Elaboração de *dashboards* nível 1 - Inicial” e “Power BI: Elaboração de *dashboards* - nível 2 - Avançado”, em fevereiro e março de 2025;
- IA Carlos Serra no curso “Introdução à manipulação de nuvens de pontos com CloudCompare para usos BIM”, em julho de 2025;
- IA João Silva na formação interna “Inovação e grandes dados”, em novembro de 2025.

2.4 Adaptações das atividades e reformulação do projeto

Como descrito nas secções anteriores, algumas atividades tiveram desenvolvimentos mais significativos que outras, para o período em apreciação (primeiros 2 anos). É o caso da atividade 3, que diz respeito à integração da informação das inspeções visuais, que tem tido mais avanços que a atividade 2. Em parte, esta opção decorreu da oportunidade de participar na ação de formação interna em *ArcGIS Survey 123*, que motivou o início do desenvolvimento das tarefas 2 e 4 da atividade 4. Da mesma forma, a tarefa 5 da atividade 4 tem tido desenvolvimentos devido à possibilidade de recorrer aos resultados de levantamento *laser scanning* de algumas obras para obter nuvens de pontos e construir o modelo BIM das próprias obras. Este equipamento, recentemente adquirido pelo LNEC, não está contemplado no projeto, mas, considera-se que a tarefa 5 da atividade 4 poderá incorporar desenvolvimentos relacionados com a utilização das nuvens de pontos obtidas por *laser scanning* para se conseguir definir a geometria das estruturas, para aferir a qualidade das nuvens de pontos obtidas por fotogrametria e servir de referência para classificar o estado de conservação.

Dando sequência ao proposto no projeto, refere-se a entrada de um bolseiro de investigação a tempo integral em junho de 2026 para reforçar a equipa do projeto e, previsivelmente, prosseguir para doutoramento nesta temática.

Propõe-se que a equipa do projeto seja reforçada com a inclusão do Investigador Doutorado Hugo Fernandes, que ingressou no Núcleo de Observação do Departamento de Barragens de Betão em

setembro de 2025. Dada a sua experiência profissional, considera-se que o seu contributo para o projeto será nas atividades 4 e 5, apoiando a automatização das fichas de inspeção visual (atividade 2), o desenvolvimento de ferramentas para visualização das fotografias com anotações (visita virtual), a construção de nuvens de pontos a partir de fotografias 360° (atividade 4) e a elaboração de uma proposta para os sistemas de classificação do estado de conservação das obras e de manutenção de instrumentos de observação (atividade 5).

Uma adaptação proposta é o prolongamento do prazo de finalização do projeto para o final de 2028, de modo a aprofundar e consolidar as atividades e tarefas previstas e explorar melhor as possibilidades da metodologia *scan-to-BIM* com recurso à câmara 360° e ao *laser scanning* de várias obras e em diferentes condições.

O Anexo III apresenta a ficha de reformulação do projeto com as adaptações indicadas.

2.5 Aplicações a estudos por contrato

Com a aquisição da câmara fotográfica 360° e a sua apresentação na “Sessão de Divulgação de Equipamentos para Levantamento Digital do Património”, em junho de 2025, surgiram alguns pedidos de colaboração para obter visitas virtuais com fotografias 360°. Nesse seguimento, e em conciliação com as atividades do DBB, foi feito o desenvolvimento de ferramentas para visualização das fotografias 360° com anotações (visita virtual), utilizando a plataforma comercial *Kuula* e, posteriormente, através de uma aplicação computacional customizada, em linguagem R.

Esta ferramenta está em operação em três casos que constituem estudos por contrato do LNEC, nomeadamente a barragem de Daivões (LNEC; 2026), o túnel da Av. João XXI e a Muralha de Mértola (LNEC; 2025).

2.6 Apreciação da atividade desenvolvida

A apreciação da atividade desenvolvida no projeto é positiva, sendo que se iniciaram as principais atividades previstas para os primeiros dois anos do projeto, com particular destaque para as atividades relacionadas com a definição dos requisitos para a modelação BIM do sistema de observação e os melhoramentos nos procedimentos de inspeção visual. Foram feitos desenvolvimentos iniciais e divulgação científica e técnica através de comunicações sobre a criação de modelos BIM para apoio às atividades de controlo de segurança de barragens de betão, nomeadamente na definição de requisitos de informação, regras de modelação, mapeamento das classes IFC e incorporação de propriedades relevantes. Estão a ser feitos esforços para incorporar novas metodologias de apoio à inspeção visual, como o desenvolvimento de formulários digitais e de visualizadores de fotografias 360° com anotações (visita virtual).

Destaca-se também, positivamente, a participação e colaboração nos projetos europeus ATRIUM - *Advancing FrontTier Research In the Arts and hUManities* e ARTEMIS - *Applying Reactive Twins to Enhance Monument Information Systems* que permitiram alargar as potencialidades da implementação

BIM e da utilização de gémeos digitais, através dos paralelos entre a manutenção de infraestruturas críticas, como é o caso das barragens, e a conservação do património histórico.

O principal desafio ao avanço das atividades previstas no projeto prende-se com a dificuldade em dedicar tempo exclusivo para obter os resultados pretendidos. Os resultados obtidos, apresentados na divulgação científica e técnica, são ainda limitados no seu âmbito e conteúdo, sendo necessária a dedicação ao estabelecimento de guias de aplicação da metodologia BIM que sejam abrangentes e úteis para a comunidade técnica e científica.

2.7 Perspetivas para desenvolvimento do plano de atividades

Para o período remanescente do projeto BIM4DamSafety considera-se pertinente a introdução de um novo caso de estudo para complementar os resultados propostos. Pretende-se utilizar a barragem de Foz Tua como exemplo para a utilização do modelo geométrico já existente para a construção do modelo BIM para repositório de informação decorrente da construção, da operação e do controlo de segurança, com particular destaque ao sistema de observação e aos resultados das inspeções visuais.

Prevê-se que, com a integração do Investigador Doutorado Hugo Fernandes e do bolseiro de investigação, o desenvolvimento do projeto tenha um impulso acrescido na sua parte prática, nomeadamente no desenvolvimento de modelos BIM e no seu enriquecimento com informação relevante para as atividades de controlo de segurança.

A partir de junho de 2026 está previsto o acompanhamento das atividades do bolseiro de investigação e a sua preparação para tese de doutoramento no contexto das atividades do projeto BIM4DamSafety.

Os modelos BIM têm vindo a ser desenvolvidos no software *opensource* Blender com o *add-on* Bonsai, mas, prevê-se, a curto prazo, a aquisição de software comercial de modelação BIM proprietário para alavancar a execução de modelos BIM e melhorar a troca de informação com os intervenientes externos. Esta aquisição estava prevista no orçamento inicial do projeto.

Para a aplicação prática da atividade 4 estão a decorrer os procedimentos para a aquisição de um *tablet* para recolha de informação durante as inspeções visuais através dos formulários digitais (despesa também prevista no orçamento do projeto).

Complementarmente, prevê-se que, em 2026, se dê continuidade à formação inicial em BIM de todos os técnicos e investigadores do LNEC e à colaboração nos projetos de investigação ATRIUM e ARTEMIS.

3 | Divulgação de resultados e participação em eventos técnico-científicos

3.1 Considerações iniciais

Neste capítulo listam-se as publicações de índole científica e a participação nos eventos técnico-científicos dos membros da equipa do projeto

3.2 Publicações em relatórios, livros, revistas e congressos

3.2.1 Relatórios técnicos e científicos

- Muralha de Mértola. Relato da atividade desenvolvida e observações realizadas durante a visita técnica de setembro de 2025. LNEC - Proc. 0803/1201/24456. Relatório 370/2025 – DED/NRI (LNEC, 2025);
- Barragem de Daivões. Resultados da inspeção de setembro de 2025 e apreciação do comportamento observado. LNEC - Proc. 0403/1201/23606. Relatório 003/2026 – DBB/NO (LNEC; 2026);
- Barragem de Fratel. Levantamento com laser scanner. LNEC - Proc. 0404/1102/24149, 0403/1102/24151 (em elaboração).

3.2.2 Artigos em revistas internacionais

- Silva, J.C.; Serra, C., Fernandes, H. Ferreira, D – Integrated 360° Imaging and Digital Forms: Complementing Dam Visual Inspections, *Procedia Structural Integrity* (artigo submetido, encontra-se em fase de revisão);
- Serra, C., Pereira, S., Couto, P., Santos Silva, A. – HBIM and openBIM for management of historic architectural ceramic tiles information. *Advances in Cultural Heritage Journal* (artigo submetido, encontra-se em fase de revisão).

3.2.3 Comunicações em encontros internacionais

- Silva, J.C.; Serra, C., Fernandes, H. Ferreira, D – Integrated 360° Imaging and Digital Forms: Complementing Dam Visual Inspections, *SMAR 2026 - 8th International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures* (artigo submetido, encontra-se em fase de revisão);
- Serra, C.; Silva, J.; Carvalho, J. – Opportunities and challenges in applying BIM methodologies within the Portuguese dam safety framework. *Fifth International Dam World Conference (DW2025)*. LNEC, Lisboa, 2025 (Serra *et al.*; 2025);
- Serra, C.; Pereira, S.; Couto, P.; Santos Silva, S. – HBIM and openBIM for management of historic architectural ceramic tiles information. *EPoCH 2024: Emerging Perspectives on*

Conservation and Heritage, Escola de Artes da Universidade Católica, Porto, 2024 (Serra *et al.*; 2024b);

- Pereira, S.; Roque, D.; Matias, L.; Menezes, M.; Mota, R.; Cruz, C.; Correia, M. J.; Serra, C.; Couto, P.; Coutinho, M.; Esteves, L.; Pais, A.; Carvalho, R.; Costa, D.; Henriques, M. J.; Veiga, R.; Santos Silva, A. – Old azulejos through new lenses: integration of digital and non-digital methodologies for the assessment and monitoring of azulejo panels decay, GlazeArt 2024: International Conference Glazed Ceramics in Culural Heritage, LNEC, Lisboa, 2024 (Pereira *et al.*; 2024).

3.2.4 Comunicações em encontros nacionais

- Serra, C.; Fernandes, H.; Silva, J.; Henriques, M. J.; Roque, D.; Silva, H. – Digitalização de barragens de betão através de câmaras 360° e laser scanning, 6º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Porto, Porto, 2026 (submetido para revisão);
- Serra, C.; Fernandes, Correia, M. J.; Henriques, M. J.; Roque, D.; Silva, H.; Antunes, A.; Santos Silva, A. – Demonstração de workflow open source para modelação HBIM – exemplo de aplicação a uma fortificação costeira, 6º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Porto, Porto, 2026 (submetido para revisão);
- Serra, C.; Silva, J.; Granja, J.; Azenha, M. – BIM no controlo de segurança de barragens de betão: uma ferramenta de apoio às inspeções visuais, 5º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024 (Serra *et al.*; 2024a);
- Serra, C. – As potencialidades e desafios da implementação BIM adaptada ao controlo de segurança estrutural de barragens de betão, 4º Congresso Português de *Building Information Modelling*, Universidade do Minho, Braga, 2022 (Serra; 2022).

3.3 Participação em encontros técnico-científicos

- Participação no buildingSMART International Summit, no Porto, em março de 2026;
- Participação nos encontros técnicos openBIM 2024 e 2025;
- Participação nas conferências nacionais ptBIM 2022, em junho de 2022, e ptBIM 2024, em junho de 2024;
- Participação na conferência internacional EPoCH 2024: Emerging Perspectives on Conservation and Heritage, na Escola de Artes da Universidade Católica, no Porto, em abril de 2024.

3.4 Organização de eventos técnicos nacionais

- Organização e docência do curso de iniciação BIM no LNEC, em novembro de 2025.

4 | Indicadores de desempenho, recursos mobilizados e financiamento

4.1 Indicadores de desempenho

No Quadro 4.1 apresentam-se os indicadores de desempenho do projeto, designadamente em termos de publicações e outros produtos previstos na ficha inicial e as realizadas.

Quadro 4.1 – Indicadores de desempenho (publicações e outros produtos)

	Indicadores	Total previsto no projeto (4 anos)	Realizado até 2025 (2 anos)
Publicações	Relatórios técnicos e científicos	4	-
	Livros	-	-
	Capítulos de livros	-	-
	Artigos em revistas internacionais	3	(2 submetidos para revisão)
	Artigos em revista nacionais	3	-
Comunicações	Comunicações em congressos internacionais	2	3 (+1 aprovado para publicação em 2026)
	Comunicações em congressos nacionais	4	1 (+2 aprovados para publicação em 2026)
Organização de seminários e conferências	Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados	-	-
	Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados	1	1
Formação avançada	Teses de doutoramento	1	-
	Dissertações de mestrado	2	-
	Outros documentos de formação avançada	-	-
Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão	Especificações LNEC	-	-
	Informações Técnicas LNEC	-	-
	Guias	3	-
	Normas de aplicação	-	-
	Outros documentos	-	-
Outros	Modelos	1	-
	Aplicações computacionais	-	1
	Instalações piloto	1	-
	Protótipos laboratoriais	-	-
	Relatórios técnicos afins	-	2 (+1 em elaboração)

4.2 Recursos humanos mobilizados

No Quadro 4.2 apresentam-se os recursos humanos do LNEC dedicados ao projeto em 2024 e 2025, designadamente os meses de trabalho previstos e efetivamente imputados.

Quadro 4.2 – Afetação de recursos humanos do LNEC

Equipa do LNEC	Meses de trabalho	
	Previsto em 2024 e 2025 (2 anos)	Realizado em 2024 e 2025 (2 anos)
Carlos Serra	2,80	2,93
João Conde Silva	2,60	1,37
António Lopes Batista	0,25	0,07
Juan Mata	0,25	0,00
António Tavares de Castro	0,25	0,00
Dora Roque	0,00	0,21

Os desvios das afetações previstas e realizadas podem ser considerados normais face ao desenvolvimento efetivo das atividades e ao pequeno valor das afetações de alguns elementos da equipa. Prevê-se que, com os avanços durante 2026, os restantes elementos da equipa sejam mobilizados para a caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos e para a formação do bolseiro de investigação.

4.3 Financiamento

Foi submetida, em março de 2024, uma candidatura ao Concurso de Projetos de IC&DT em Todos os Domínios Científicos 2023 (Aviso MPr-2023-12), promovido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), em parceria com a Universidade do Minho. O projeto, intitulado *BIM-based ecosystem for information management in dams: from design to construction up to operation and circularity*, tinha como objetivo integrar informação rumo à dupla transição em barragens e criar um ecossistema que estabelecesse a ponte entre os dados de projeto, construção e exploração. A FCT comunicou, em maio de 2025, que o projeto não foi considerado para financiamento.

Foi submetida, em março de 2026, uma nova candidatura ao Concurso de Projetos de IC&DT em Todos os Domínios Científicos 2025 (2025.19154.PTDC) em parceria com a Universidade do Minho. O projeto consiste numa reformulação da candidatura de 2024, melhorando os aspetos que foram apontados como menos positivos pelos revisores. O novo projeto intitula-se *Data And Knowledge-driven Dam Digital Twin* e, dado alguns avanços que o LNEC tem feito na digitalização do ambiente construído e a relevância atual do tema, foi decidido alterar o âmbito do projeto para dar a tónica ao desenvolvimento de Digital Twins, com a estruturação de BIM na base, e restringir apenas a estruturas existentes no contexto de acompanhamento das obras e eventuais manutenções/reabilitações.

5 | Considerações finais

O projeto de investigação BIM4DamSafety tem como objetivo acompanhar e apoiar a transição digital dos processos relacionados com as atividades de controlo de segurança de barragens, contribuindo para a uniformização dos conceitos e sistematização dos processos, a definição de procedimentos para a construção de modelos BIM que possam ser utilizados pelos vários intervenientes deste tipo de atividades. Complementarmente, o projeto pretende desenvolver também metodologias para melhorar as atividades de observação de barragens, nomeadamente as inspeções visuais, e facilitar a interação com os donos de obra.

O desenvolvimento das tarefas que constam do plano de trabalhos do projeto sofreu alterações em relação ao definido inicialmente. Neste período em análise foi dado destaque às atividades 1, 3 e 4, nomeadamente a revisão bibliográfica, a sistematização e automatização dos registos nas fichas de inspeção e a incorporação dos resultados de inspeção e do sistema de observação em modelos BIM.

As principais adaptações propostas incluem o alargamento da duração do projeto para 5 anos e a incorporação do Investigador Doutorado Hugo Fernandes na equipa de investigação (Anexo III).

Em termos de divulgação científica e indicadores de desempenho, considera-se que o desenvolvimento do projeto tem sido, globalmente, positivo.

Lisboa, LNEC, maio de 2026

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Geodesia Aplicada

Assinado por: **Maria João Oliveira De Barros
Henriques**

Num. de Identificação: 05320720

Data: 2026.05.11 12:07:20+01'00'

Maria João Henriques

O Diretor do Departamento de Barragens de Betão

Assinado por: **António Lopes Batista**

Num. de Identificação: 03847091

Data: 2026.05.08 09:04:19+01'00'

António Lopes Batista

AUTORIA

Assinado por: **Carlos Luís de Oliveira Macedo
Serra**

Num. de Identificação: 12071781

Data: 2026.05.06 12:41:27+01'00'

Carlos Luís de Oliveira Macedo Serra
Investigador Auxiliar

Assinado por: **João Ricardo Marques Conde da
Silva**

Num. de Identificação: 11690842

Data: 2026.05.06 12:55:42+01'00'

João Conde Silva
Investigador Auxiliar

Assinado por: **António Lopes Batista**

Num. de Identificação: 03847091

Data: 2026.05.08 09:02:04+01'00'

António Lopes Batista
Investigador-Coordenador

Assinado por: **Juan Tomé Caires da Mata**

Num. de Identificação: 12290787

Data: 2026.05.08 12:33:11+01'00'

Juan Mata
Investigador Auxiliar

Assinado por: **Dora Luísa Ferreira Da Luz Roque**

Num. de Identificação: 12959324

Data: 2026.05.08 14:19:33+01'00'

Dora Roque
Investigadora Auxiliar

Assinado por: **António Luís Henriques Tavares de
Castro**

Num. de Identificação: 05399290

Data: 2026.05.08 14:35:02+01'00'

António Tavares de Castro
Investigador Principal
Chefe do Núcleo de Observação

Assinado por: **Hugo Daniel Pereira Fernandes**

Num. de Identificação: 13254812

Data: 2026.05.08 15:06:37+01'00'

Hugo Fernandes
Investigador Doutorado

Referências bibliográficas

- LNEC, 2025 – **Muralha de Mértola. Relato da atividade desenvolvida e observações realizadas durante a visita técnica de setembro de 2025.** LNEC - Proc. 0803/1201/24456. Relatório 370/2025 – DED/NRI.
- LNEC, 2026 – **Barragem de Daivões. Resultados da inspeção de setembro de 2025 e apreciação do comportamento observado.** LNEC - Proc. 0403/1201/23606. Relatório 3/2026 – DBB/NO.
- PEREIRA, S.; ROQUE, D.; MATIAS, L.; *et al.*, 2024 – **Old azulejos through new lenses: integration of digital and non-digital methodologies for the assessment and monitoring of azulejo panels decay.** GlazeArt 2024: International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage, LNEC, Lisboa, Portugal, 2024.
- SERRA, C., 2022 – **As potencialidades e desafios da implementação BIM adaptada ao controlo de segurança estrutural de barragens de betão.** 4º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Braga, 2022.
- SERRA, C.; SILVA, J.; GRANJA, J.; *et al.*, 2024a – **BIM no controlo de segurança de barragens de betão: uma ferramenta de apoio às inspeções visuais.** 5º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024.
- SERRA, C.; PEREIRA, S.; COUTO, P.; *et al.*, 2024b – **HBIM and openBIM for management of historic architectural ceramic tiles information.** EPoCH 2024: Emerging Perspectives on Conservation and Heritage, Escola de Artes da Universidade Católica, Porto, Portugal, 2024.
- SERRA, C.; SILVA, J.; CARVALHO, J., 2025 – **Opportunities and challenges in applying BIM methodologies within the Portuguese dam safety framework.** Fifth International Dam World Conference (DW2025). LNEC, Lisboa, Portugal, 2025.

ANEXOS

ANEXO I

Ficha de projeto



FICHA DE PROJETO

BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

(BIM4DAMSAFETY)

Versão da ficha 1 | 2023/09/11



ENQUADRAMENTO

A Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I 21-27) estabelece a orientação estratégica para a atividade de investigação e inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027. A E2I 21-27 está estruturada com base num ciclo de inovação e investigação com as seguintes etapas: motivação, temas, desafios, tipo de resultados, valor acrescentado e conectividade.

A E2I 21-27 é concretizada através do Plano de Investigação e Inovação que comporta: (i) Projetos de investigação, que têm um objeto de investigação específico e os aspetos de inovação claramente definidos, e (ii) Programas de investigação, que estabelecem linhas de investigação mais amplas nos quais se inserem vários projetos de investigação.

Os projetos e programas de investigação são descritos em fichas de projeto de investigação e em fichas de programa de investigação. A apreciação destas fichas de programa e projeto é apresentada numa ficha de apreciação. A monitorização e avaliação dos projetos e programas tem com base uma ficha de autoavaliação preenchida pelo investigador responsável a meio e no fim do projeto.

FICHA DE PROJETO

BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão

Investigador responsável

Carlos Serra

Departamento de Barragens de Betão

Copyright © Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.

Av. do Brasil 101 • 1700-066 Lisboa

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

(Versão de julho de 2022)

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 DADOS GERAIS
- 1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES
- 1.3 RESUMO

2. FUNDAMENTAÇÃO

- 2.1 ESTADO DA ARTE
- 2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER
- 2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS
- 2.4 MOTIVAÇÃO

3. TEMAS E OBJETIVOS

- 3.1 TEMAS E DESAFIOS
- 3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO
- 3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

4. METODOLOGIA

- 4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL
- 4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

5. EQUIPA

6. PLANO DE TRABALHOS

7. CRONOGRAMA

8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

- 8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO
- 8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO
- 8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE
- 8.4 PRODUTOS PREVISTOS

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

- 10.1 RECURSOS HUMANOS
- 10.2 DESPESAS CORRENTES
- 10.3 EQUIPAMENTO
- 10.4 ORÇAMENTO

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

<i>Título do projeto</i>	BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão
<i>Acrónimo do projeto</i>	BIM4DamSafety
<i>Unidade Departamental</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Setor</i>	Núcleo de Observação
<i>Investigador responsável</i>	Carlos Serra
<i>Data de início</i>	01/01/2024
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Versão da ficha</i>	1
<i>Data da ficha</i>	11/09/2023

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

<i>Unidade operativa coordenadora</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Parceiros internos</i>	
<i>Parceiros externos</i>	EDP Universidade do Minho
<i>Entidades financiadoras</i>	
<i>Entidades externas interessadas</i>	EDP Iberdrola Águas de Portugal Engie
<i>Breve descrição do interesse das entidades externas</i>	Em conjunto com os principais donos de obra, o LNEC pretende acompanhar e apoiar a transição digital dos processos relacionados com as atividades de controlo de segurança de barragens, contribuindo com a uniformização dos conceitos e sistematização dos processos por forma a serem utilizados pelos vários intervenientes deste tipo de atividades. Por outro lado, o LNEC pretende desenvolver também metodologias para melhorar as atividades de observação de barragens, nomeadamente as inspeções visuais, e facilitar a interação com os donos de obra.

1.3 RESUMO

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas atividade de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base a metodologia “Building Information Modelling” (BIM).

Neste contexto, o apoio às atividades de monitorização consistirá na normalização e estruturação de conceitos, definições, propriedades e processos, a sua incorporação num sistema de classificação existente e a sua aplicação corrente no acompanhamento de barragens em Portugal. Pretende-se contribuir para a digitalização das principais atividades, nomeadamente o desenvolvimento de um processo sistemático para o registo de ocorrências em inspeções visuais, de um sistema de classificação do estado de conservação das estruturas e dos instrumentos de observação, e a integração de informação descritiva de anomalias, proveniente de produtos gerados por fotogrametria e processamento digital de imagens, num modelo BIM tridimensional que contenha a informação relevante para a avaliação da segurança estrutural das obras.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 ESTADO DA ARTE

As barragens constituem sistemas complexos que englobam a estrutura, os órgãos hidráulicos, o maciço de fundação e a albufeira. Cada um destes elementos envolve um risco potencial para a ocorrência de danos nas populações vizinhas, bem como danos materiais e ambientais significativos.

O controlo de segurança estrutural de barragens divide-se, em geral, em três atividades: i) monitorização, designadamente através da exploração do sistema de observação e da realização de inspeções visuais regulares e de ensaios de caracterização; ii) análise e interpretação dos resultados da observação através de modelos estatísticos e modelação numérica, iii) avaliação da segurança e tomada de decisão.

Em Portugal, o controlo de segurança das barragens compete às entidades da Administração Pública (APA, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, e Autoridade Nacional de Proteção Civil, ANPC), à Comissão de Segurança de Barragens (CSB) e ao dono de obra. Estas entidades interagem entre si, desde a fase de projeto até ao eventual abandono no sentido de manter o nível de segurança destas obras. O desafio associado ao controlo de segurança é considerável dada a complexidade e quantidade de informação associada a este tipo de obras.

A metodologia Building Information Modelling (BIM) permite definir uma abordagem sistemática para o desenvolvimento das atividades de controlo de segurança de barragens. Como vantagens desta abordagem, destacam-se a melhor interação e troca de informação entre os intervenientes, a definição de nomenclaturas universais para os diversos elementos e atividades, a uniformização da informação necessária ao desenvolvimento de cada atividade, o desenvolvimento de modelos tridimensionais para o apoio ao projeto, construção e exploração das obras, o desenvolvimento de ferramentas de automatização para o tratamento de dados de monitorização e de apoio à decisão, entre outros.

Recentemente, Argyroudís et al. [1] exploraram as possibilidades e desafios relacionados com a utilização de tecnologias digitais para aumentar a resiliência das infraestruturas face às ações climáticas. Apontam a Internet of Things (IoT), os Digital Twins, realidade virtual e aumentada, as nuvens de pontos, a Inteligência artificial e a metodologia BIM como tecnologias emergentes para apoiar decisões fiáveis e reduzir as incertezas relacionadas com a avaliação de segurança. O trabalho revisão bibliográfica de Panah e Kioumars [2] expõe uma visão global da importância crescente das aplicações BIM na monitorização e manutenção de estruturas. Jeong et al. [3] apresentam uma framework para a gestão da informação associada à monitorização de pontes com a integração dos instrumentos instalados em obra num modelo tridimensional, dos resultados obtidos ao longo do tempo e de imagens de tráfego. Por sua vez, Sacks et al. [4] demonstram as potencialidades de um sistema de gestão integrado de monitorização de pontes que inclui a utilização sistemática de nuvem de pontos, na perspetiva Scan to BIM.

A metodologia BIM tem sido adotada cada vez mais correntemente em Portugal, tanto na fase de projeto, como na fase de manutenção e conservação [5, 6]. Destaca-se o trabalho aplicado de Sousa et al. [5] através do qual demonstram as possibilidades da incorporação dos resultados de inspeções em pontes num modelo BIM, tendo em consideração regras de modelação, níveis de desenvolvimento e metodologias de representação. Existem também exemplos de estudos específicos aplicados a barragens de betão [7-9] e a barragens de aterro [10].

O LNEC tem desde cedo vindo a desenvolver e implementar metodologias para o apoio ao controlo de segurança, nomeadamente na construção e desenvolvimento de uma base de dados e plataformas de visualização e análise dos resultados de observação (SIOBE e GestBarragens). A taxonomia e ontologia já definida nestes sistemas constitui uma base de trabalho para a aplicação da metodologia BIM.

- [1] S. A. Argyroudis et al., "Digital technologies can enhance global climate resilience of critical infrastructure," *Clim. Risk Manag.*, p. 100387, Dec. 2021.
- [2] R. S. Panah and M. Kioumars, "Application of building information modelling (BIM) in the health monitoring and maintenance process: A systematic review," *Sensors (Switzerland)*, vol. 21, no. 3, pp. 1–26, 2021.
- [3] S. Jeong, R. Hou, J. P. Lynch, H. Sohn, and K. H. Law, "An information modeling framework for bridge monitoring," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 114, pp. 11–31, Dec. 2017.
- [4] R. Sacks et al., "SeeBridge as next generation bridge inspection: Overview, Information Delivery Manual and Model View Definition," *Autom. Constr.*, vol. 90, no. October 2017, pp. 134–145, 2018.
- [5] G. Sousa, M. Azenha, J. Matos, and V. Brito, "Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto," *2o Congr. Port. BIM*, pp. 519–528, 2018.
- [6] P. J. S. Cruz, M. Azenha, R. Mateus, T. Magalhães, J. Granja, and R. Lobão, "BIM as a tool for setting and infrastructure management," pp. 1–7, 2019.
- [7] A. Marques, "Implementação de metodologias BIM na Direção de Engenharia de Barragens da EDP: Casos de estudo de projeto de estruturas em obras Hidroelétricas," Universidade do Minho, 2015.
- [8] A. Marques, M. Azenha, and A. Ferreira, "BIM no projeto de estruturas de obras hidroelétricas," in *1o Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, pp. 163–172.
- [9] S. Díaz et al., "Building Information Modeling (BIM) en Ingeniería Hidráulica," in *VI Jornadas de Ingeniería del Agua*, 2019, no. 1, pp. 1–5.
- [10] A. Heleno, "BIM for information management in structural safety control of embankment dams BIM for information management in structural safety control of embankment dams," Universidade do Minho, 2021.

2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER

Pretende-se que sejam resolvidos os seguintes problemas:

- a) Visualização integrada de resultados da monitorização, das características dos instrumentos de observação e das inspeções visuais de barragens num modelo BIM tridimensional;
- b) Adaptação das atividades de controlo de segurança de barragens de betão à metodologia BIM para otimização de processos e melhorar a interação com parceiros externos;
- c) Melhorar a sistematização dos procedimentos de inspeção visual e de classificação do estado de conservação das obras e dos instrumentos de observação;
- d) Integração dos resultados de técnicas de inspeção visual, seja tradicional ou assistida, em modelo BIM para a avaliação do comportamento observado.

2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS

2.3.1 Contributo para o progresso dos conhecimentos (científicos, tecnológicos, de processos ou de metodologias)

As contribuições inovadoras previstas são as seguintes:

- a) Integração e visualização de informação geométrica e não geométrica relacionada com a avaliação da segurança de barragens de betão no contexto da metodologia BIM;
- b) Desenvolvimento de objetos BIM paramétricos para cada dispositivo de monitorização, com base na informação existente no Sistema de Gestão de Informação;
- c) Potenciar a sincronização da informação entre o modelo BIM e o Sistema de Gestão de Informação, de forma a atualizar automaticamente ambos os sistemas;
- d) Estabelecimento de critérios padronizados para a realização de inspeções visuais e classificação da condição estrutural das obras e sua integração no modelo BIM;
- e) Incorporação de resultados das técnicas de inspeção assistida com base em fotogrametria e processamento digital de imagens no modelo BIM.

Salienta-se o impacto económico da aplicação da metodologia BIM no contexto do controlo de segurança que constitui uma atividade continuada no tempo. A otimização e automatização de determinadas atividades, em particular as que estão relacionadas com as inspeções visuais, permitirá uma melhor gestão de recursos humanos. Por outro lado, a definição de critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação permitirá apoiar os donos de obra na decisão sobre obras de reabilitação futuras.

A colaboração com a Universidade do Minho visa a potenciação dos conhecimentos no domínio do BIM e a angariação de potenciais alunos do mestrado BIM A+ e de doutoramento. A empresa EDP mostrou interesse em participar como entidade externa no projeto para colaborar no desenvolvimento de metodologias aplicadas às atividades de controlo de segurança correntes afetas ao Dono de Obra. O caso de estudo deste projeto será uma obra da EDP.

Considera-se que o projeto inicia-se nos primeiros níveis do sistema de medição sistemática, Nível de Prontidão Tecnológica (TRL), designadamente nos TRL 1 e 2. Pretende-se que, no final do projeto, se possa atingir os níveis TRL 4 e 5, através da aplicação da metodologia BIM aos casos de estudo.

2.3.2 Contributo para o reforço das competências e dos recursos do LNEC, nomeadamente os experimentais

As contribuições previstas são as seguintes:

- a) Aplicação de novas metodologias de recolha, armazenamento e análise da informação recolhida durante as inspeções visuais de barragens de betão;
- b) Otimização de recursos através de automatização de atividades repetitivas;
- c) Apoio à análise e interpretação dos resultados de observação e integração com os resultados das inspeções visuais num modelo BIM tridimensional.

2.4 MOTIVAÇÃO

Motivos para o desenvolvimento do projeto (ver E2I)

Oportunidades - Iniciativas e desafios para desenvolver projetos de investigação
Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Justificação sucinta da motivação para a realização do projeto (opcional)

3. TEMAS E OBJETIVOS

3.1 TEMAS E DESAFIOS

Tema principal (ver E2I)

Indústria 4.0

Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão

Desafios principais (ver E2I)

Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão

Transição digital na construção, arquitetura, engenharia

Tema secundário (ver E2I)

Construção

Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído

Desafios secundários (ver E2I)

Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído

Enquadramento nos temas e objetivos de I&I da Unidade Departamental

Enquadra-se nos principais temas e objetivos do DBB, nomeadamente nas metodologias automáticas de observação e de controlo da segurança de barragens de betão e de alvenaria (3) e na análise do comportamento e avaliação da segurança de barragens de betão e de alvenaria e suas fundações (4).

3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas atividade de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base a metodologia "Building Information Modelling" (BIM).

Os principais objetivos são a sistematização e otimização das atividades de monitorização e inspeção visual aplicadas ao acompanhamento continuado do comportamento das barragens e a integração do modelo BIM e do Sistema de Gestão de Informação, de modo a conjugar a informação geométrica com a informação alfanumérica proveniente das atividades de controlo de segurança.

Pretende-se desenvolver também uma metodologia para a classificação do estado de conservação das obras com a informação proveniente destas atividades.

3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos para melhorar a manipulação da informação e a interação entre intervenientes;
- b) Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos, como a localização, dimensões, tipo de dispositivo, e propriedades não geométricas, como designação, estado de conservação, resultados de observação;
- c) Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos como forma, localização e dimensões e propriedades não geométricas como data de registo, estado, cor;
- d) Estabelecimento de critérios para a classificação do estado de conservação de barragens de betão com base na informação recolhida nas atividades de controlo de segurança;
- e) Aplicação das metodologias desenvolvidas a um caso de estudo de uma barragem em fase de exploração;
- f) Divulgação pela comunidade técnica e elaboração de recomendações.

4. METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL

No contexto atual de rápida implementação da metodologia BIM em Portugal, existe a necessidade de estabelecer uma estratégia para a implementação BIM a barragens, com particular atenção para o contexto e premissas do RSB. A estrutura do RSB constitui uma base para o estabelecimento da responsabilidade de cada interveniente e da relação entre eles. Dado o seu âmbito alargado, não restringe a utilização de ferramentas de apoio ao desenvolvimento das atividades.

A definição de uma estratégia para a realidade portuguesa passa necessariamente pela concertação dos vários intervenientes, nomeadamente a APA, o LNEC, a ANPC, a CSB e os donos de obra. Deverão ser desenvolvidos procedimentos centralizados para o apoio a esta implementação BIM tanto para obras novas como para obras existentes de grandes dimensões. Estes procedimentos serão baseados na estrutura existente do sistema de gestão de informação (gestBarragens), utilizado atualmente para o apoio às atividades de controlo de segurança dos donos de obra, da Autoridade e do LNEC.

Pretende-se definir critérios e procedimentos para a criação e utilização de modelos BIM de barragens de betão para apoio a estas atividades, incluindo a incorporação dos registos das inspeções visuais e a determinação do estado de conservação das obras.

4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

O Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) determina que o LNEC deve criar e manter atualizado um arquivo digital com os dados e resultados de observação das grandes barragens portuguesas. Para esse efeito, o LNEC desenvolveu um sistema de gestão da informação, gestBarragens que inclui uma base de dados estruturada, assim como diferentes módulos operacionais que permitem a gestão dos dados e resultados de observação, das inspeções visuais e da documentação técnica, a visualização de resultados gráficos e o apoio à interpretação do comportamento. Este sistema de gestão de informação inclui já uma estrutura de dados que poderá servir de base para a definição do modelo BIM, sendo que a cada tipo de instrumento estão definidos diferentes atributos que podem corresponder diretamente a propriedades nos objetos BIM.

O projeto concretiza uma estratégia para a implementação BIM a barragens de betão, nas várias componentes existentes no controlo de segurança de barragens, em particular as integrantes no sistema de gestão da informação e no modelo BIM. A estrutura dos processos durante a aplicação da metodologia BIM deverá seguir, com as adaptações necessárias, o definido na EN ISO 19650-1:2018, na EN ISO 19650-2:2018 e no relatório técnico CEN/TR 17439. A parceria com a Universidade do Minho afigura-se pertinente dados os avanços em BIM dessa instituição e no apoio à formação de técnicos.

É essencial o desenvolvimento de modelos BIM que contemplem não só a informação geométrica, através de objetos BIM paramétricos construídos segundo critérios de modelação pré-definidos, mas também a informação necessária à sua utilização prática. A integração da informação recolhida em inspeções visuais e nas campanhas de observação e a sua visualização de forma eficaz e intuitiva é também um ponto a considerar.

A adaptação a um sistema de classificação pode ser muito facilitada pela estrutura já proposta pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (International Commission on Large Dams, ICOLD) através de disponibilização e codificação de vários termos relacionados com a engenharia de barragens. De referir que durante a implementação do sistema de gestão da informação gestBarragens foi já desenvolvida uma estrutura que define as relações entre determinados objetos (por exemplo, as relações entre elementos e sub-elementos estruturais: barragem é composta por blocos e juntas de contração; a relação entre sub-elementos e instrumentos: grupos de extensómetros embebidos nos blocos e medidores de movimentos de junta nas juntas de contração).

Em conjunto com a integração num sistema de classificação, é necessária também a extensão destes elementos ao formato Industry Foundation Classes (IFC), seguindo a norma, à semelhança do que tem sido feito para outros tipos de infraestruturas (portos, caminhos de ferro, estradas).

No que diz respeito aos avanços propostos para a otimização das inspeções visuais, prevê-se o desenvolvimento de plataformas digitais para registo de ocorrências e a sua interoperabilidade com a base de dados e com o modelo BIM. Prevê-se também a incorporação de novas metodologias de captura de imagem em três dimensões de galerias e paramentos para incorporação no modelo BIM.

5. EQUIPA

[illegible]

6. PLANO DE TRABALHOS

Atividade	1
<i>Designação</i>	Revisão bibliográfica e levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	Pesquisa dos desenvolvimentos efetuados nacional e internacionalmente e atualização das normas aplicáveis. Aquirir conhecimento sobre as estratégias correntemente utilizadas na monitorização de estruturas. Pretende-se que hajam reuniões de trabalho com os intervenientes na área do controlo de segurança de barragens no sentido de incorporar as diferentes necessidades e pontos de vista.
<i>Resultados</i>	
<i>Duração (meses)</i>	6
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% Bolseiro de doutoramento 100%
<i>Tarefa 1</i>	Revisão bibliográfica
<i>Descrição</i>	Pesquisa dos desenvolvimentos efetuados nacional e internacionalmente e atualização das normas aplicáveis.
<i>Tarefa 2</i>	Levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	
<i>Descrição</i>	

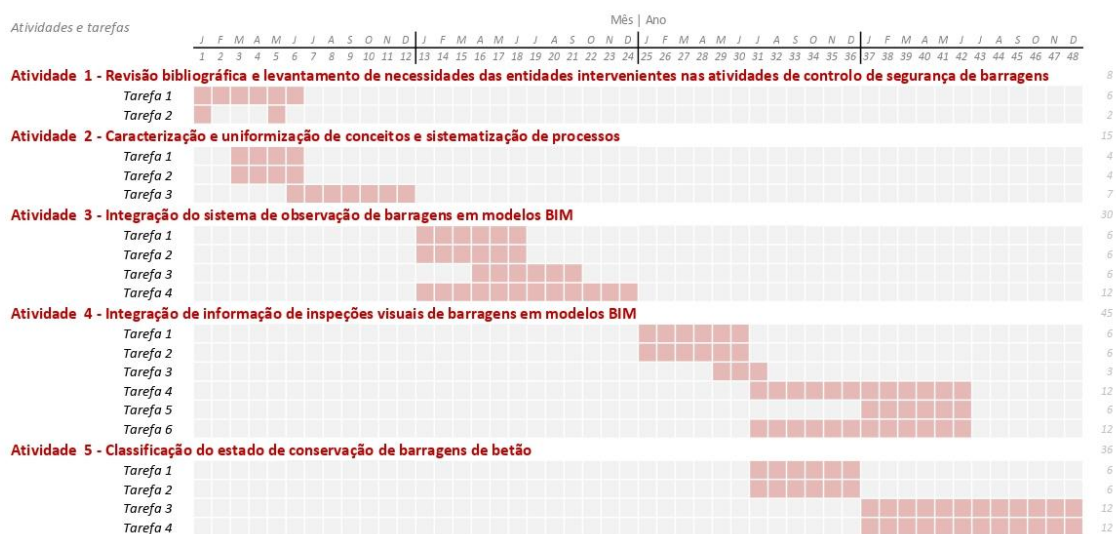
Atividade	2
<i>Designação</i>	Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos
<i>Descrição</i>	Pretende-se, com base nas recomendações existentes e na experiência dos vários intervenientes, obter consenso na definição de conceitos, termos e procedimentos no contexto do controlo de segurança de barragens de betão. Deverá aplicar-se um sistema de classificação da construção.
<i>Resultados</i>	Guias técnicos com a definição de designações
<i>Duração (meses)</i>	10
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 8% António Lopes Batista 3% Juan Mata 3% António Tavares de Castro 3%
<i>Tarefa 1</i>	Aplicação do sistema de classificação UniClass2015 a barragens de betão
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Definição de mapas de processos para as atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos em inspeções visuais de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	
<i>Descrição</i>	

Atividade	3
<i>Designação</i>	Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a criação de modelos BIM para apoio às atividade de controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Resultados</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação útil ao controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Duração (meses)</i>	12
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% Bolseiro de doutoramento 100% Bolseiros de mestrado 1 50%
<i>Tarefa 1</i>	Definição de regras de modelação para os elementos estruturais e para a instrumentação de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Definição de atributos e propriedades para cada tipo de instrumento de observação (data templates)
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Definição de metodologias para a troca de informação entre o sistema de gestão de informação e o modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	Aplicação prática a um caso de estudo
<i>Descrição</i>	

Atividade	4
<i>Designação</i>	Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a incorporação de informação geométrica e alfa-numérica dos registos de inspeções visuais de barragens de betão em modelos BIM.
<i>Resultados</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação de inspeções visuais de barragens de betão.
<i>Duração (meses)</i>	18
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% António Lopes Batista 1% António Tavares de Castro 1% Dora Roque 5% Bolseiro de doutoramento 75% Técnico Superior 15%
<i>Tarefa 1</i>	Definição de regras de modelação para ocorrências e anomalias
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Definição de metodologia para registo sistemático de ocorrências e anomalias e importação para os objetos do modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Definição de metodologia para arquivo e partilha de informação de inspeções visuais usando o formato aberto BCF
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	Automatização de fichas e notas técnicas de inspeção visual
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 5</i>	Integração de produtos fotogramétricos e dados de caracterização de anomalias no modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 6</i>	Aplicação prática a um caso de estudo
<i>Descrição</i>	

Atividade	5
<i>Designação</i>	Classificação do estado de conservação de barragens de betão
<i>Descrição</i>	Esta atividade pretende desenvolver os critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação de barragens de betão, utilizando o modelo BIM como apoio à decisão.
<i>Resultados</i>	
<i>Duração (meses)</i>	18
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 8% João Silva 7% António Lopes Batista 8% Bolsheiro de doutoramento 75% Técnico Superior 15% Bolsheiros de mestrado 2 33%
<i>Tarefa 1</i>	Definição de critérios para a classificação do estado de conservação dos elementos estruturais e da instrumentação em barragens de betão
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Integração da classificação do estado de conservação de cada componente em modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Definição de critérios para a avaliação global do estado de conservação da obra
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	Aplicação prática a um caso de estudo
<i>Descrição</i>	

7. CRONOGRAMA



8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Processos e sistemas

Processos e sistemas, para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de

Informação e conhecimento

Informação e conhecimento, a reter para o desenvolvimento temático em que se referenciam

Descrição dos resultados e sua integração nos diferentes tipos

O projeto tem como objetivo melhorar e sistematizar os processos associados às atividade de controlo de segurança de barragens de betão, nomeadamente através da uniformização de conceitos pelo meio técnico, o mapeamento de processos e interações entre os intervenientes. Este objetivo permitirá a digitalização e automatização do procedimentos de registo das ocorrências, agilizar o desenvolvimento de fichas de inspeção e auxiliar a interpretação do comportamento e a classificação do estado de conservação.

8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO

Descritores do valor acrescentado do projeto (ver E21)

Melhoria da eficiência e do desempenho

Promoção da segurança

Melhoria da comunicação

Descrição do valor acrescentado do projeto

Com a diminuição dos recursos humanos disponíveis nas instituições, é essencial a digitalização e automatização de procedimentos rotineiros e repetitivos. A sistematização dos processos é o passo inicial para aumentar a eficácia e otimizar os recursos nas inspeções visuais.

Apoiado na metodologia BIM, pretende-se que sejam obtidos avanços na obtenção, partilha e arquivo dos resultados das inspeções visuais, libertando recursos para atividades de análise e interpretação, aumentando a segurança das obras.

A sistematização e uniformização será também a base para definir, objetivamente, critérios para a classificação do estado de conservação das obras e para dar apoio à tomada de decisão no que diz respeito à atividades de conservação e reabilitação.

8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Interação com interlocutores

Intensificação da relação do LNEC com os interlocutores a privilegiar com vista a promover a

Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos

Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento

Sensibilização para a importância do conhecimento científico produzido na melhoria da

Descrição das estratégias de devolução de resultados à sociedade

Durante o desenvolvimento do projeto, pretende-se que sejam realizadas reuniões técnicas com os vários intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens para discutir os principais aspetos para a sistematização e uniformização de conceitos e termos, por forma a serem utilizados pela comunidade técnica. Está prevista a publicação de guias e recomendações com este tipo de informação.

A aplicação a casos de estudo permitirá avaliar a viabilidade da utilização de modelos BIM para as atividades de controlo de segurança, em especial o registo das ocorrências das inspeções visuais e, no futuro, servir de base para as grandes de barragens de betão.

Dado que a utilização da metodologia BIM em barragens de betão é ainda escassa, em particular nas atividades de manutenção e controlo de segurança, preve-se que sejam publicados também artigos científicos para disseminação do conhecimento.

8.4 PRODUTOS PREVISTOS

Publicações

Relatórios científicos	4
Livros	
Capítulos de livros	
Artigos em revista internacionais	3
Artigos em revista nacionais	3

Comunicações

Comunicações em encontros científicos internacionais	2
Comunicações em encontros científicos nacionais	4

Organização de seminários e conferências

Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados	
Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados	1

Formação avançada

Teses de doutoramento	1
Dissertações de mestrado	2
Outros documentos de formação avançada	

Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão

Especificações LNEC	
Informações Técnicas LNEC	
Guias	3
Normas de aplicação	
Outros documentos	

Outros

Modelos	1
Aplicações computacionais	
Instalações piloto	1
Protótipos laboratoriais	

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU

Indústria, inovação e infraestruturas
Energias renováveis e acessíveis

Horizonte Europa

Digital, indústria e espaço
Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Digitalização e inovação empresarial
Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
Qualificação das instituições

Explicação da indexação ao contexto

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

10.1 RECURSOS HUMANOS

<i>Grupo</i>		<i>Esforço (p*m)</i>	<i>Valor</i>
IC	Grupo 91	1,87	14.212 €
IP (CH)	Grupo 92	0,00	- €
IP	Grupo 93	0,43	2.838 €
IA	Grupo 94	12,85	79.670 €
AI, TS	Grupo 95	5,40	21.600 €
EI, TI	Grupo 96	0,00	- €
CT, AT	Grupo 97	0,00	- €
AO	Grupo 98	0,00	- €
BPD (LNEC)	Grupo 11	0,00	- €
BD, BI (LNEC)	Grupo 12	45,00	90.000 €
BII (LNEC)	Grupo 13	0,00	- €
BIPD (Projeto), BI (Projeto)	Grupo 21	0,00	- €
BI (Projeto)	Grupo 22	0,00	- €
BII (Projeto)	Grupo 23	0,00	- €
Total		65,55	208.320 €

10.2 DESPESAS CORRENTES

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Missões tipo D	3	2.000,00 €	6.000 €
Missões não tipo D	4	1.000,00 €	4.000 €
Publicações em Open Access	3	2.000,00 €	6.000 €
Organização de ações de formação	2	1.000,00 €	2.000 €
Formação	2	1.000,00 €	2.000 €
Subscrição anual para plataforma para formulários digitais de inspeção (DataScope)	4	300,00 €	1.200 €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			21.200 €

10.3. EQUIPAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Computadores de alto desempenho	2	3.000,00 €	6.000 €
Software	5	3.358,00 €	16.790 €
Camera 360º	1	1.000,00 €	1.000 €
Tablet para trabalho de campo	1	1.500,00 €	1.500 €
			- €
Total			25.290 €

10.4 ORÇAMENTO

Designação	Estimativa de custo	Financiamento externo	Financiamento LNEC
Recursos humanos	208.320,00 €		208.320 €
Despesas correntes	21.200,00 €		21.200 €
Equipamentos	25.290,00 €		25.290 €
Gastos gerais	217.618,00 €		217.618 €
Total	472.428 €	- €	472.428 €

Valor do financiamento externo proveniente de empresas públicas ou privadas (incluída em estudos de I&I ou por contrato)

Valor do financiamento destinado a processos internos inseridos em projetos de investigação

Se não existe financiamento externo nem vai ser

Será submetida uma candidatura aos projetos IC&DT em Todos os Domínios Científicos 2023 da FCT

Se não existe financiamento externo, mas vai ser obtido no futuro, indique as fontes de financiamento e o montante pretendido

Legenda

Grupo 91 - Investigador Coordenador (IC)

Grupo 92 - Investigador Principal c/habilitação (IP Ch)

Grupo 93 - Investigador Principal (IP)

Grupo 94 - Investigador Auxiliar (IA)

Grupo 95 - Assistente de investigação (AI); Técnico Superior (TS)

Grupo 96 - Especialista de informática (EI); Técnico de informática (TI)

Grupo 97 - Coordenador técnico (CT); Assistente técnico (AT)

Grupo 98 - Assistente operacional (AO)

Grupo 11 - Bolseiro LNEC - investigação pós-doutoral (BPD)

Grupo 12 - Bolseiro LNEC - investigação doutoramento (Antigo Regulamento LNEC de 2001/04/26); Bolseiro LNEC - investigação doutoramento (BI);

Bolseiro LNEC - investigação mestrado (BI); Bolseiro LNEC - investigação licenciatura (BI)

Grupo 13 - Bolseiro LNEC - iniciação à investigação (BII)

Grupo 21 - Bolseiro de Projeto - Investigação pós-doutoral FCT/majoração LNEC (BIPD); Bolseiro de Projeto - Investigação doutoramento FCT/majoração LNEC (BI); Bolseiro de Projeto - Investigação doutoramento ou licenciados/mestres inscritos em cursos n/confere grau académico FCT (BI)

Grupo 22 - Bolseiro de Projeto - Investigação mestrado/mestrado integrado ou licenciados/mestres inscritos em cursos n/confere grau académico FCT (BI)

Grupo 23 - Bolseiro de Projeto - Iniciação à investigação FCT (BII)

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

Indicador 1	<i>Financiamento externo relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 2	<i>Financiamento da atividade de investigação por empresas (públicas ou privadas) relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 3	<i>Valor do financiamento do LNEC relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	100%
Indicador 5	<i>Número de teses de doutoramento orientadas por investigador do projeto</i>	0,07
Indicador 6	<i>Número de dissertações de mestrado orientadas por investigador do projeto</i>	0,13
Indicador 7	<i>Investimento em equipamentos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	5%
Indicador 9	<i>Valor do financiamento destinado a processos internos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 10	<i>Número de entidades externas parceiras do projeto</i>	2,00
Indicador 11	<i>Número de publicações científicas (e.g., artigos, livros ou capítulos de livros, comunicações, relatórios científicos) por investigador do projeto</i>	1,06
Indicador 13	<i>Número de documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão (Especificações LNEC, Informações Técnicas LNEC, guias, normas de aplicação, etc.) por investigador do projeto</i>	0,20
Indicador 14	<i>Número de eventos científicos e técnicos organizados ou coorganizados pelo LNEC por investigador do projeto</i>	0,07

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

Motivação

Oportunidades - Iniciativas e desafios para desenvolver projetos de investigação

Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Temas e desafios

Tema principal

Indústria 4.0

Desafios

Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão
Transição digital na construção, arquitetura, engenharia

Tema secundário

Construção

Desafios

Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído

Tipo de resultados

Processos e sistemas

Informação e conhecimento

Valor acrescentado do projeto

Melhoria da eficiência e do desempenho

Promoção da segurança

Melhoria da comunicação

Conetividade

Interação com interlocutores

Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos

Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento

Indexação ao contexto

Objetivos de desenvolvimento sustentável

Indústria, inovação e infraestruturas

Energias renováveis e acessíveis

Horizonte Europa

Digital, indústria e espaço

Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Digitalização e inovação empresarial

Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética

Qualificação das instituições

ANEXO II

Ficha de autoavaliação do projeto



FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO DE PROJETO

BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

(BIM4DAMSAFETY)

Versão da ficha 1 | 2026/03/13



ENQUADRAMENTO

A Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I 21-27) estabelece a orientação estratégica para a atividade de investigação e inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027. A E2I 21-27 está estruturada com base num ciclo de inovação e investigação com as seguintes etapas: motivação, temas, desafios, tipo de resultados, valor acrescentado e conectividade.

A E2I 21-27 é concretizada através do Plano de Investigação e Inovação que comporta: (i) Projetos de investigação, que têm um objeto de investigação específico e os aspetos de inovação claramente definidos, e (ii) Programas de investigação, que estabelecem linhas de investigação mais amplas nos quais se inserem vários projetos de investigação.

Os projetos e programas de investigação são descritos em fichas de projeto de investigação e em fichas de programa de investigação. A apreciação destas fichas de programa e projeto é apresentada numa ficha de apreciação. A monitorização e avaliação dos projetos e programas tem com base uma ficha de autoavaliação preenchida pelo investigador responsável a meio e no fim do projeto.

FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO DE PROJETO

BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão

Investigador responsável

Carlos Serra

Departamento de Barragens de Betão

Copyright © Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.

Av. do Brasil 101 • 1700-066 Lisboa

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

Título do projeto	BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão
Acrónimo do projeto	BIM4DamSafety
Unidade Departamental	Departamento de Barragens de Betão
Setor	Núcleo de Observação
Investigador responsável	Carlos Serra
Data de início	01/01/2024
Duração (meses)	48
Versão da ficha	1
Data da ficha	06/01/2026

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

Unidade operativa coordenadora	Departamento de Barragens de Betão
Parceiros internos	
Parceiros externos	EDP Universidade do Minho
Entidades financiadoras	
Entidades externas interessadas	EDP Iberdrola Águas de Portugal Engie
Breve descrição do interesse das entidades externas	Em conjunto com os principais donos de obra, o LNEC pretende acompanhar e apoiar a transição digital dos processos relacionados com as atividades de controlo de segurança de barragens, contribuindo com a uniformização dos conceitos e sistematização dos processos por forma a serem utilizados pelos vários intervenientes deste tipo de atividades. Por outro lado, o LNEC pretende desenvolver também metodologias para melhorar as atividades de observação de barragens, nomeadamente as inspeções visuais, e facilitar a interação com os donos de obra.

1.3 RESUMO

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas atividades de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base a metodologia "Building Information Modelling" (BIM).

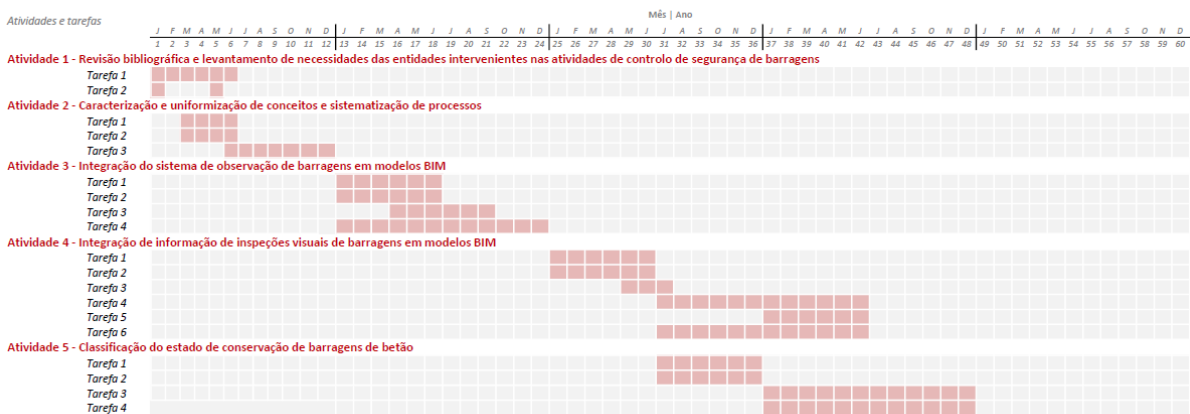
Neste contexto, o apoio às atividades de monitorização consistirá na normalização e estruturação de conceitos, definições, propriedades e processos, a sua incorporação num sistema de classificação existente e a sua aplicação corrente no acompanhamento de barragens em Portugal. Pretende-se contribuir para a digitalização das principais atividades, nomeadamente o desenvolvimento de um processo sistemático para o registo de ocorrências em inspeções visuais, de um sistema de classificação do estado de conservação das estruturas e dos instrumentos de observação, e a integração de informação descritiva de anomalias, proveniente de produtos gerados por fotogrametria e processamento digital de imagens, num modelo BIM tridimensional que contenha a informação relevante para a avaliação da segurança estrutural das obras.

2. REALIZAÇÃO DO PLANO DE TRABALHOS

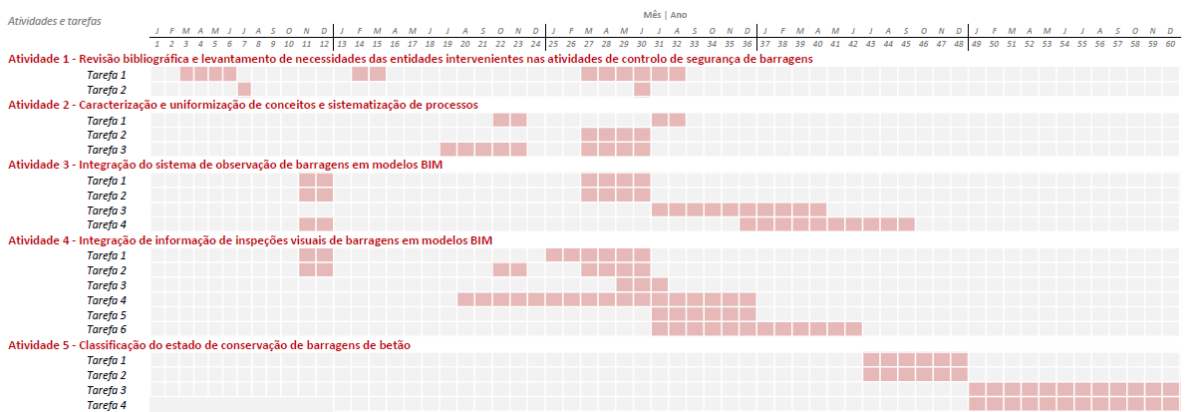
Atividade	1
<i>Designação</i>	Revisão bibliográfica e levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	Pesquisa dos desenvolvimentos efetuados nacional e internacionalmente e atualização das normas aplicáveis. Aquirir conhecimento sobre as estratégias correntemente utilizadas na monitorização de estruturas. Pretende-se que hajam reuniões de trabalho com os intervenientes na área do controlo de segurança de barragens no sentido de incorporar as diferentes necessidades e pontos de vista.
<i>Resultados previstos</i>	Artigos e comunicações
<i>Resultados obtidos</i>	1 comunicação em conferência internacional
Atividade	2
<i>Designação</i>	Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos
<i>Descrição</i>	Pretende-se, com base nas recomendações existentes e na experiência dos vários intervenientes, obter consenso na definição de conceitos, termos e procedimentos no contexto do controlo de segurança de barragens de betão. Deverá aplicar-se um sistema de classificação da construção.
<i>Resultados previstos</i>	Guias técnicos com a definição de designações, artigos e comunicações
<i>Resultados obtidos</i>	-
Atividade	3
<i>Designação</i>	Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a criação de modelos BIM para apoio às atividades de controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Resultados previstos</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação útil ao controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Resultados obtidos</i>	1 comunicação em conferência nacional
Atividade	4
<i>Designação</i>	Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a incorporação de informação geométrica e alfa-numérica dos registos de inspeções visuais de barragens de betão em modelos BIM.
<i>Resultados previstos</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação de inspeções visuais de barragens de betão.
<i>Resultados obtidos</i>	1 comunicação em conferência nacional
Atividade	5
<i>Designação</i>	Classificação do estado de conservação de barragens de betão
<i>Descrição</i>	Esta atividade pretende desenvolver os critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação de barragens de betão, utilizando o modelo BIM como apoio à decisão.
<i>Resultados previstos</i>	Guias técnicos com a definição dos critérios de classificação, artigos e comunicações
<i>Resultados obtidos</i>	-

3. CRONOGRAMA

3.1 CRONOGRAMA INICIAL



3.2 ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA



4. RESULTADOS E SUA DISSEMINAÇÃO

4.1 APRECIÇÃO CRÍTICA DOS RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Processos e sistemas

Para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de informação

Versão da ficha 1 | Tu Informação e conhecimento

A reter para o desenvolvimento temático em que se referenciam

Apreciação

A apreciação da atividade desenvolvida no projeto é positiva, sendo que se iniciaram as principais atividades previstas para os primeiros 2 anos do projeto. Destacam-se as atividades relacionadas com a definição dos requisitos para a modelação BIM do sistema de observação e os melhoramentos nos procedimentos de inspeção visual. Refere-se também como positiva a preparação e submissão de candidaturas aos projetos IC&DT da FCT em 2024 e 2026.

Foi feita divulgação científica e técnica através de comunicações sobre a criação de modelos BIM para apoio às atividades de controlo de segurança de barragens de betão, nomeadamente na definição de requisitos de informação, regras de modelação, mapeamento das classes IFC e incorporação de propriedades relevantes. Realizou-se uma ação de formação em BIM para os funcionários do LNEC. Estão a ser feitos esforços para incorporar novas metodologias de apoio à inspeção visual, como o desenvolvimento de formulários digitais e de visualizadores de fotografias 360º com anotações (visita virtual).

4.2 APRECIÇÃO CRÍTICA DA DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Interação com interlocutores

Intensificação da relação do LNEC com os interlocutores a privilegiar suscitada pelos resultados

Aplicação dos resultados pela sociedade

Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Comunicação de ciência e conhecimento

Transmissão dos resultados à sociedade em geral com vista a promover a sua compreensão

Apreciação

Os resultados obtidos, apresentados com congressos de divulgação científica e técnica, são ainda limitados no seu âmbito e conteúdo, sendo necessária maior dedicação ao estabelecimento de guias de aplicação da metodologia BIM que sejam abrangentes e úteis para a comunidade técnica e científica.

4.3 PRODUTOS

<i>Publicações</i>	Previstos	Realizados
Relatórios científicos	4	
Livros		
Capítulos de livros		
Artigos em revista internacionais	3	
Artigos em revista nacionais	3	
<i>Versão da ficha 1 Tuesday/01/06</i>		
Comunicações em encontros científicos internacionais	2	3
Comunicações em encontros científicos nacionais	4	1
<i>Organização de seminários e conferências</i>		
Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados		
Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados	1	1
<i>Formação avançada</i>		
Teses de doutoramento	1	
Dissertações de mestrado	2	
Outros documentos de formação avançada		
<i>Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão</i>		
Especificações LNEC		
Informações Técnicas LNEC		
Guias	3	
Normas de aplicação		
Outros documentos		
<i>Outros</i>		
Modelos	1	
Aplicações computacionais		1
Instalações piloto	1	
Protótipos laboratoriais		

5. REFORMULAÇÃO DO PROJETO

5.1 NECESSIDADE DE REFORMULAÇÃO

É necessário reformular o projeto
Não foi elaborada uma nova ficha de projeto

5.2 JUSTIFICAÇÃO DA REFORMULAÇÃO

Propõe-se que a equipa do projeto seja reforçada com a inclusão do Investigador Doutorado Hugo Fernandes, que ingressou no Núcleo de Observação do Departamento de Barragens de Betão em setembro de 2025. Dada a sua experiência profissional, considera-se que o seu contributo para o projeto será nas atividades 4 e 5, apoiando a automatização das fichas de inspeção visual, o desenvolvimento de ferramentas para visualização das fotografias com anotações (visita virtual), a construção de nuvens de pontos a partir de fotografias 360º e a elaboração de uma proposta para os sistemas de classificação do estado de conservação das obras e de manutenção de instrumentos de observação.

Perspetiva-se a entrada de um bolsheiro de investigação a tempo integral para reforçar a equipa do projeto e, previsivelmente, prosseguir para doutoramento nesta temática.

Uma reformulação proposta é o prolongamento do prazo de finalização do projeto para o final de 2028, de modo a desenvolver as atividades e tarefas previstas e explorar melhor as possibilidades da metodologia scan-to-BIM com recurso à câmara 360º e ao laser scanning de várias obras e em diferentes condições.

6. CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

6.1 CONCLUSÕES

O projeto de investigação BIM4DamSafety tem como objetivo acompanhar e apoiar a transição digital dos processos relacionados com as atividades de controlo de segurança de barragens, contribuindo com a uniformização dos conceitos e sistematização dos processos, a definição de procedimentos para a construção de modelos BIM que possam ser utilizados pelos vários intervenientes deste tipo de atividades. Complementarmente, o projeto pretende desenvolver também metodologias para melhorar as atividades de observação de barragens, nomeadamente as inspeções visuais, e facilitar a interação com os donos de obra.

O desenvolvimento das tarefas que constam do plano de trabalhos do projeto sofreu alterações em relação ao definido inicialmente, sendo que foi dado destaque às atividades 1, 3 e 4, nomeadamente a revisão bibliográfica, a sistematização e automatização dos registos nas fichas de inspeção e a incorporação dos resultados de inspeção e do sistema de observação em modelos BIM.

As principais reformulações propostas incluem o alargamento da duração do projeto para 5 anos e a incorporação do Investigador Doutorado Hugo Fernandes na equipa de investigação. Em termos de divulgação científica e indicadores de desempenho, considera-se que o desenvolvimento do projeto tem sido, globalmente, positivo.

6.2 LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

No seguimento do projeto BIM4DamSafety, pretende-se apostar no desenvolvimento de ferramentas que recorram a métodos de machine learning para inferir sobre o comportamento da obra e prever antecipadamente cenários de acidente e deterioração, integrando a informação geométrica, informação do processo construtivo, resultados de inspeções visuais e dados de observação presentes num modelo BIM da obra.

ANEXO III

Ficha de reformulação do projeto



FICHA DE PROJETO

BIM NO CONTROLO DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAGENS DE BETÃO

(BIM4DAMSAFETY)

Versão da ficha 1 | 2026/03/13



ENQUADRAMENTO

A Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I 21-27) estabelece a orientação estratégica para a atividade de investigação e inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027. A E2I 21-27 está estruturada com base num ciclo de inovação e investigação com as seguintes etapas: motivação, temas, desafios, tipo de resultados, valor acrescentado e conectividade.

A E2I 21-27 é concretizada através do Plano de Investigação e Inovação que comporta: (i) Projetos de investigação, que têm um objeto de investigação específico e os aspetos de inovação claramente definidos, e (ii) Programas de investigação, que estabelecem linhas de investigação mais amplas nos quais se inserem vários projetos de investigação.

Os projetos e programas de investigação são descritos em fichas de projeto de investigação e em fichas de programa de investigação. A apreciação destas fichas de programa e projeto é apresentada numa ficha de apreciação. A monitorização e avaliação dos projetos e programas tem com base uma ficha de autoavaliação preenchida pelo investigador responsável a meio e no fim do projeto.

FICHA DE PROJETO

BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão

Investigador responsável

Carlos Serra

Departamento de Barragens de Betão

Copyright © Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.

Av. do Brasil 101 • 1700-066 Lisboa

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

(Versão de julho de 2022)

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 DADOS GERAIS
- 1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES
- 1.3 RESUMO

2. FUNDAMENTAÇÃO

- 2.1 ESTADO DA ARTE
- 2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER
- 2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS
- 2.4 MOTIVAÇÃO

3. TEMAS E OBJETIVOS

- 3.1 TEMAS E DESAFIOS
- 3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO
- 3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

4. METODOLOGIA

- 4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL
- 4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

5. EQUIPA

6. PLANO DE TRABALHOS

7. CRONOGRAMA

8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

- 8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO
- 8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO
- 8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE
- 8.4 PRODUTOS PREVISTOS

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

- 10.1 RECURSOS HUMANOS
- 10.2 DESPESAS CORRENTES
- 10.3. EQUIPAMENTO
- 10.4 ORÇAMENTO

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

<i>Título do projeto</i>	BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão
<i>Acrónimo do projeto</i>	BIM4DamSafety
<i>Unidade Departamental</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Setor</i>	Núcleo de Observação
<i>Investigador responsável</i>	Carlos Serra
<i>Data de início</i>	01/01/2024
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Versão da ficha</i>	1
<i>Data da ficha</i>	11/09/2023

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

<i>Unidade operativa coordenadora</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Parceiros internos</i>	
<i>Parceiros externos</i>	EDP Universidade do Minho
<i>Entidades financiadoras</i>	
<i>Entidades externas interessadas</i>	EDP Iberdrola Águas de Portugal Engie
<i>Breve descrição do interesse das entidades externas</i>	Em conjunto com os principais donos de obra, o LNEC pretende acompanhar e apoiar a transição digital dos processos relacionados com as atividades de controlo de segurança de barragens, contribuindo com a uniformização dos conceitos e sistematização dos processos por forma a serem utilizados pelos vários intervenientes deste tipo de atividades. Por outro lado, o LNEC pretende desenvolver também metodologias para melhorar as atividades de observação de barragens, nomeadamente as inspeções visuais, e facilitar a interação com os donos de obra.

1.3 RESUMO

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas atividade de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base a metodologia "Building Information Modelling" (BIM).

Neste contexto, o apoio às atividades de monitorização consistirá na normalização e estruturação de conceitos, definições, propriedades e processos, a sua incorporação num sistema de classificação existente e a sua aplicação corrente no acompanhamento de barragens em Portugal. Pretende-se contribuir para a digitalização das principais atividades, nomeadamente o desenvolvimento de um processo sistemático para o registo de ocorrências em inspeções visuais, de um sistema de classificação do estado de conservação das estruturas e dos instrumentos de observação, e a integração de informação descritiva de anomalias, proveniente de produtos gerados por fotogrametria e processamento digital de imagens, num modelo BIM tridimensional que contenha a informação relevante para a avaliação da segurança estrutural das obras.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 ESTADO DA ARTE

As barragens constituem sistemas complexos que englobam a estrutura, os órgãos hidráulicos, o maciço de fundação e a albufeira. Cada um destes elementos envolve um risco potencial para a ocorrência de danos nas populações vizinhas, bem como danos materiais e ambientais significativos.

O controlo de segurança estrutural de barragens divide-se, em geral, em três atividades: i) monitorização, designadamente através da exploração do sistema de observação e da realização de inspeções visuais regulares e de ensaios de caracterização; ii) análise e interpretação dos resultados da observação através de modelos estatísticos e modelação numérica, iii) avaliação da segurança e tomada de decisão.

Em Portugal, o controlo de segurança das barragens compete às entidades da Administração Pública (APA, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, e Autoridade Nacional de Proteção Civil, ANPC), à Comissão de Segurança de Barragens (CSB) e ao dono de obra. Estas entidades interagem entre si, desde a fase de projeto até ao eventual abandono no sentido de manter o nível de segurança destas obras. O desafio associado ao controlo de segurança é considerável dada a complexidade e quantidade de informação associada a este tipo de obras.

A metodologia Building Information Modelling (BIM) permite definir uma abordagem sistemática para o desenvolvimento das atividades de controlo de segurança de barragens. Como vantagens desta abordagem, destacam-se a melhor interação e troca de informação entre os intervenientes, a definição de nomenclaturas universais para os diversos elementos e atividades, a uniformização da informação necessária ao desenvolvimento de cada atividade, o desenvolvimento de modelos tridimensionais para o apoio ao projeto, construção e exploração das obras, o desenvolvimento de ferramentas de automatização para o tratamento de dados de monitorização e de apoio à decisão, entre outros.

Recentemente, Argyroudis et al. [1] exploraram as possibilidades e desafios relacionados com a utilização de tecnologias digitais para aumentar a resiliência das infraestruturas face às ações climáticas. Apontam a Internet of Things (IoT), os Digital Twins, realidade virtual e aumentada, as nuvens de pontos, a Inteligência artificial e a metodologia BIM como tecnologias emergentes para apoiar decisões fiáveis e reduzir as incertezas relacionadas com a avaliação de segurança. O trabalho revisão bibliográfica de Panah e Khoumarsi [2] expõe uma visão global da importância crescente das aplicações BIM na monitorização e manutenção de estruturas. Jeong et al. [3] apresentam uma framework para a gestão da informação associada à monitorização de pontes com a integração dos instrumentos instalados em obra num modelo tridimensional, dos resultados obtidos ao longo do tempo e de imagens de tráfego. Por sua vez, Sacks et al. [4] demonstram as potencialidades de um sistema de gestão integrado de monitorização de pontes que inclui a utilização sistemática de nuvem de pontos, na perspetiva Scan to BIM.

A metodologia BIM tem sido adotada cada vez mais correntemente em Portugal, tanto na fase de projeto, como na fase de manutenção e conservação [5, 6]. Destaca-se o trabalho aplicado de Sousa et al. [5] através do qual demonstram as possibilidades da incorporação dos resultados de inspeções em pontes num modelo BIM, tendo em consideração regras de modelação, níveis de desenvolvimento e metodologias de representação. Existem também exemplos de estudos específicos aplicados a barragens de betão [7-9] e a barragens de aterro [10].

O LNEC tem desde cedo vindo a desenvolver e implementar metodologias para o apoio ao controlo de segurança, nomeadamente na construção e desenvolvimento de uma base de dados e plataformas de visualização e análise dos resultados de observação (SIOBE e GestBarragens). A taxonomia e ontologia já definida nestes sistemas constitui uma base de trabalho para a aplicação da metodologia BIM.

- [1] S. A. Argyroudis et al., "Digital technologies can enhance global climate resilience of critical infrastructure," *Clim. Risk Manag.*, p. 100387, Dec. 2021.
- [2] R. S. Panah and M. Kioumars, "Application of building information modelling (BIM) in the health monitoring and maintenance process: A systematic review," *Sensors (Switzerland)*, vol. 21, no. 3, pp. 1–26, 2021.
- [3] S. Jeong, R. Hou, J. P. Lynch, H. Sohn, and K. H. Law, "An information modeling framework for bridge monitoring," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 114, pp. 11–31, Dec. 2017.
- [4] R. Sacks et al., "SeeBridge as next generation bridge inspection: Overview, Information Delivery Manual and Model View Definition," *Autom. Constr.*, vol. 90, no. October 2017, pp. 134–145, 2018.
- [5] G. Sousa, M. Azenha, J. Matos, and V. Brito, "Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto," *2o Congr. Port. BIM*, pp. 519–528, 2018.
- [6] P. J. S. Cruz, M. Azenha, R. Mateus, T. Magalhães, J. Granja, and R. Lobão, "BIM as a tool for setting and infrastructure management," pp. 1–7, 2019.
- [7] A. Marques, "Implementação de metodologias BIM na Direção de Engenharia de Barragens da EDP: Casos de estudo de projeto de estruturas em obras Hidroelétricas," Universidade do Minho, 2015.
- [8] A. Marques, M. Azenha, and A. Ferreira, "BIM no projeto de estruturas de obras hidroelétricas," in *1o Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, pp. 163–172.
- [9] S. Díaz et al., "Building Information Modeling (BIM) en Ingeniería Hidráulica," in *VI Jornadas de Ingeniería del Agua*, 2019, no. 1, pp. 1–5.
- [10] A. Heleno, "BIM for information management in structural safety control of embankment dams BIM for information management in structural safety control of embankment dams," Universidade do Minho, 2021.

2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER

Pretende-se que sejam resolvidos os seguintes problemas:

- a) Visualização integrada de resultados da monitorização, das características dos instrumentos de observação e das inspeções visuais de barragens num modelo BIM tridimensional;
- b) Adaptação das atividades de controlo de segurança de barragens de betão à metodologia BIM para otimização de processos e melhorar a interação com parceiros externos;
- c) Melhorar a sistematização dos procedimentos de inspeção visual e de classificação do estado de conservação das obras e dos instrumentos de observação;
- d) Integração dos resultados de técnicas de inspeção visual, seja tradicional ou assistida, em modelo BIM para a avaliação do comportamento observado.

2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS

2.3.1 Contributo para o progresso dos conhecimentos (científicos, tecnológicos, de processos ou de metodologias)

As contribuições inovadoras previstas são as seguintes:

- a) Integração e visualização de informação geométrica e não geométrica relacionada com a avaliação da segurança de barragens de betão no contexto da metodologia BIM;
- b) Desenvolvimento de objetos BIM paramétricos para cada dispositivo de monitorização, com base na informação existente no Sistema de Gestão de Informação;
- c) Potenciar a sincronização da informação entre o modelo BIM e o Sistema de Gestão de Informação, de forma a atualizar automaticamente ambos os sistemas;
- d) Estabelecimento de critérios padronizados para a realização de inspeções visuais e classificação da condição estrutural das obras e sua integração no modelo BIM;
- e) Incorporação de resultados das técnicas de inspeção assistida com base em fotogrametria e processamento digital de imagens no modelo BIM.

Salienta-se o impacto económico da aplicação da metodologia BIM no contexto do controlo de segurança que constitui uma atividade continuada no tempo. A otimização e automatização de determinadas atividades, em particular as que estão relacionadas com as inspeções visuais, permitirá uma melhor gestão de recursos humanos. Por outro lado, a definição de critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação permitirá apoiar os donos de obra na decisão sobre obras de reabilitação futuras.

A colaboração com a Universidade do Minho visa a potenciação dos conhecimentos no domínio do BIM e a angariação de potenciais alunos do mestrado BIM A+ e de doutoramento. A empresa EDP mostrou interesse em participar como entidade externa no projeto para colaborar no desenvolvimento de metodologias aplicadas às atividades de controlo de segurança correntes afetas ao Dono de Obra. O caso de estudo deste projeto será uma obra da EDP.

Considera-se que o projeto inicia-se nos primeiros níveis do sistema de medição sistemática, Nível de Prontidão Tecnológica (TRL), designadamente nos TRL 1 e 2. Pretende-se que, no final do projeto, se possa atingir os níveis TRL 4 e 5, através da aplicação da metodologia BIM aos casos de estudo.

2.3.2 Contributo para o reforço das competências e dos recursos do LNEC, nomeadamente os experimentais

As contribuições previstas são as seguintes:

- a) Aplicação de novas metodologias de recolha, armazenamento e análise da informação recolhida durante as inspeções visuais de barragens de betão;
- b) Otimização de recursos através de automatização de atividades repetitivas;
- c) Apoio à análise e interpretação dos resultados de observação e integração com os resultados das inspeções visuais num modelo BIM tridimensional.

2.4 MOTIVAÇÃO

Motivos para o desenvolvimento do projeto (ver E2I)

Oportunidades - Iniciativas e desafios para desenvolver projetos de investigação
Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Justificação sucinta da motivação para a realização do projeto (opcional)

3. TEMAS E OBJETIVOS

3.1 TEMAS E DESAFIOS

Tema principal (ver E2I)

Indústria 4.0

Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão

Desafios principais (ver E2I)

Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão

Transição digital na construção, arquitetura, engenharia

Tema secundário (ver E2I)

Construção

Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído

Desafios secundários (ver E2I)

Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído

Enquadramento nos temas e objetivos de I&I da Unidade Departamental

Enquadra-se nos principais temas e objetivos do DBB, nomeadamente nas metodologias automáticas de observação e de controlo da segurança de barragens de betão e de alvenaria (3) e na análise do comportamento e avaliação da segurança de barragens de betão e de alvenaria e suas fundações (4).

3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO

O projeto propõe novos desenvolvimentos nas atividade de controlo de segurança estrutural de barragens de betão, tendo como base a metodologia "Building Information Modelling" (BIM).

Os principais objetivos são a sistematização e otimização das atividades de monitorização e inspeção visual aplicadas ao acompanhamento continuado do comportamento das barragens e a integração do modelo BIM e do Sistema de Gestão de Informação, de modo a conjugar a informação geométrica com a informação alfanumérica proveniente das atividades de controlo de segurança.

Pretende-se desenvolver também uma metodologia para a classificação do estado de conservação das obras com a informação proveniente destas atividades.

3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos para melhorar a manipulação da informação e a interação entre intervenientes;
- b) Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos, como a localização, dimensões, tipo de dispositivo, e propriedades não geométricas, como designação, estado de conservação, resultados de observação;
- c) Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM, incluindo aspetos geométricos como forma, localização e dimensões e propriedades não geométricas como data de registo, estado, cor;
- d) Estabelecimento de critérios para a classificação do estado de conservação de barragens de betão com base na informação recolhida nas atividades de controlo de segurança;
- e) Aplicação das metodologias desenvolvidas a um caso de estudo de uma barragem em fase de exploração;
- f) Divulgação pela comunidade técnica e elaboração de recomendações.

4. METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL

No contexto atual de rápida implementação da metodologia BIM em Portugal, existe a necessidade de estabelecer uma estratégia para a implementação BIM a barragens, com particular atenção para o contexto e premissas do RSB. A estrutura do RSB constitui uma base para o estabelecimento da responsabilidade de cada interveniente e da relação entre eles. Dado o seu âmbito alargado, não restringe a utilização de ferramentas de apoio ao desenvolvimento das atividades.

A definição de uma estratégia para a realidade portuguesa passa necessariamente pela concertação dos vários intervenientes, nomeadamente a APA, o LNEC, a ANPC, a CSB e os donos de obra. Deverão ser desenvolvidos procedimentos centralizados para o apoio a esta implementação BIM tanto para obras novas como para obras existentes de grandes dimensões. Estes procedimentos serão baseados na estrutura existente do sistema de gestão de informação (gestBarragens), utilizado atualmente para o apoio à atividade de controlo de segurança dos donos de obra, da Autoridade e do LNEC.

Pretende-se definir critérios e procedimentos para a criação e utilização de modelos BIM de barragens de betão para apoio a estas atividades, incluindo a incorporação dos registos das inspeções visuais e a determinação do estado de conservação das obras.

4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

O Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) determina que o LNEC deve criar e manter atualizado um arquivo digital com os dados e resultados de observação das grandes barragens portuguesas. Para esse efeito, o LNEC desenvolveu um sistema de gestão da informação, gestBarragens que inclui uma base de dados estruturada, assim como diferentes módulos operacionais que permitem a gestão dos dados e resultados de observação, das inspeções visuais e da documentação técnica, a visualização de resultados gráficos e o apoio à interpretação do comportamento. Este sistema de gestão de informação inclui já uma estrutura de dados que poderá servir de base para a definição do modelo BIM, sendo que a cada tipo de instrumento estão definidos diferentes atributos que podem corresponder diretamente a propriedades nos objetos BIM.

O projeto concretiza uma estratégia para a implementação BIM a barragens de betão, nas várias componentes existentes no controlo de segurança de barragens, em particular as integrantes no sistema de gestão da informação e no modelo BIM. A estrutura dos processos durante a aplicação da metodologia BIM deverá seguir, com as adaptações necessárias, o definido na EN ISO 19650-1:2018, na EN ISO 19650-2:2018 e no relatório técnico CEN/TR 17439. A parceria com a Universidade do Minho afigura-se pertinente dados os avanços em BIM dessa instituição e no apoio à formação de técnicos.

É essencial o desenvolvimento de modelos BIM que contemplem não só a informação geométrica, através de objetos BIM paramétricos construídos segundo critérios de modelação pré-definidos, mas também a informação necessária à sua utilização prática. A integração da informação recolhida em inspeções visuais e nas campanhas de observação e a sua visualização de forma eficaz e intuitiva é também um ponto a considerar.

A adaptação a um sistema de classificação pode ser muito facilitada pela estrutura já proposta pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (International Commission on Large Dams, ICOLD) através de disponibilização e codificação de vários termos relacionados com a engenharia de barragens. De referir que durante a implementação do sistema de gestão da informação gestBarragens foi já desenvolvida uma estrutura que define as relações entre determinados objetos (por exemplo, as relações entre elementos e sub-elementos estruturais: barragem é composta por blocos e juntas de contração; a relação entre sub-elementos e instrumentos: grupos de extensómetros embebidos nos blocos e medidores de movimentos de junta nas juntas de contração).

Em conjunto com a integração num sistema de classificação, é necessária também a extensão destes elementos ao formato Industry Foundation Classes (IFC), seguindo a norma, à semelhança do que tem sido feito para outros tipos de infraestruturas (portos, caminhos de ferro, estradas).

No que diz respeito aos avanços propostos para a otimização das inspeções visuais, prevê-se o desenvolvimento de plataformas digitais para registo de ocorrências e a sua interoperabilidade com a base de dados e com o modelo BIM. Prevê-se também a incorporação de novas metodologias de captura de imagem em três dimensões de galerias e paramentos para incorporação no modelo BIM.

[illegible]

6. PLANO DE TRABALHOS

Atividade	1
<i>Designação</i>	Revisão bibliográfica e levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	Pesquisa dos desenvolvimentos efetuados nacional e internacionalmente e atualização das normas aplicáveis. Aquirir conhecimento sobre as estratégias correntemente utilizadas na monitorização de estruturas. Pretende-se que hajam reuniões de trabalho com os intervenientes na área do controlo de segurança de barragens no sentido de incorporar as diferentes necessidades e pontos de vista.
<i>Resultados</i>	
<i>Duração (meses)</i>	6
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% Bolseiro de doutoramento 100%
<i>Tarefa 1</i>	Revisão bibliográfica
<i>Descrição</i>	Pesquisa dos desenvolvimentos efetuados nacional e internacionalmente e atualização das normas aplicáveis.
<i>Tarefa 2</i>	Levantamento de necessidades das entidades intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	
<i>Descrição</i>	

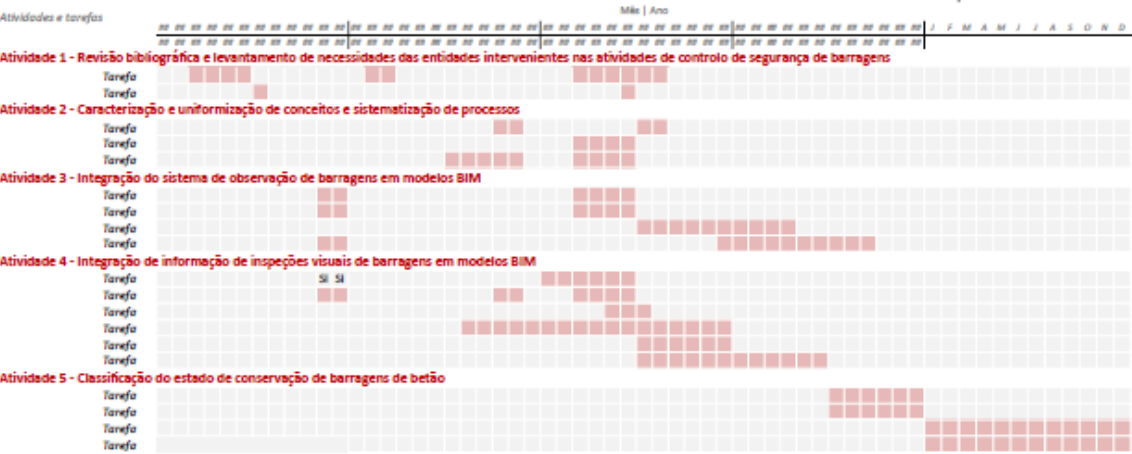
Atividade	2
<i>Designação</i>	Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos
<i>Descrição</i>	Pretende-se, com base nas recomendações existentes e na experiência dos vários intervenientes, obter consenso na definição de conceitos, termos e procedimentos no contexto do controlo de segurança de barragens de betão. Deverá aplicar-se um sistema de classificação da construção.
<i>Resultados</i>	Guias técnicos com a definição de designações
<i>Duração (meses)</i>	10
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 8% António Lopes Batista 3% Juan Mata 3% António Tavares de Castro 3% Hugo Fernandes 5%
<i>Tarefa 1</i>	Aplicação do sistema de classificação UniClass2015 a barragens de betão
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Definição de mapas de processos para as atividades de controlo de segurança de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Caracterização e uniformização de conceitos e sistematização de processos em inspeções visuais de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	
<i>Descrição</i>	

Atividade	3
<i>Designação</i>	Integração do sistema de observação de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a criação de modelos BIM para apoio às atividade de controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Resultados</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação útil ao controlo de segurança de barragens de betão.
<i>Duração (meses)</i>	12
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% Hugo Fernandes 10% Bolseiro de doutoramento 100% Bolseiros de mestrado 1 50%
<i>Tarefa 1</i>	Definição de regras de modelação para os elementos estruturais e para a instrumentação de barragens
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Definição de atributos e propriedades para cada tipo de instrumento de observação (data templates)
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Definição de metodologias para a troca de informação entre o sistema de gestão de informação e o modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	Aplicação prática a um caso de estudo
<i>Descrição</i>	

Atividade	4
<i>Designação</i>	Integração de informação de inspeções visuais de barragens em modelos BIM
<i>Descrição</i>	Pretende-se estabelecer a base para a incorporação de informação geométrica e alfa-numérica dos registos de inspeções visuais de barragens de betão em modelos BIM.
<i>Resultados</i>	Modelo BIM tridimensional de uma barragem com objetos BIM preparados para incorporar informação de inspeções visuais de barragens de betão.
<i>Duração (meses)</i>	18
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 10% João Silva 10% Hugo Fernandes 10% António Lopes Batista 1% António Tavares de Castro 1% Dora Roque 5% Bolseiro de doutoramento 75% Técnico Superior 15%
<i>Tarefa 1</i> <i>Descrição</i>	Definição de regras de modelação para ocorrências e anomalias
<i>Tarefa 2</i> <i>Descrição</i>	Definição de metodologia para registo sistemático de ocorrências e anomalias e importação para os objetos do modelo BIM
<i>Tarefa 3</i> <i>Descrição</i>	Definição de metodologia para arquivo e partilha de informação de inspeções visuais usando o formato aberto BCF
<i>Tarefa 4</i> <i>Descrição</i>	Automatização de fichas e notas técnicas de inspeção visual
<i>Tarefa 5</i> <i>Descrição</i>	Integração de produtos fotogramétricos e dados de caracterização de anomalias no modelo BIM
<i>Tarefa 6</i> <i>Descrição</i>	Aplicação prática a um caso de estudo

Atividade	5
<i>Designação</i>	Classificação do estado de conservação de barragens de betão
<i>Descrição</i>	Esta atividade pretende desenvolver os critérios e procedimentos para a classificação do estado de conservação de barragens de betão, utilizando o modelo BIM como apoio à decisão.
<i>Resultados</i>	
<i>Duração (meses)</i>	18
<i>Equipa</i>	Carlos Serra 8% João Silva 7% António Lopes Batista 8% Bolseiro de doutoramento 75% Técnico Superior 15% Bolseiros de mestrado 2 33%
<i>Tarefa 1</i>	Definição de critérios para a classificação do estado de conservação dos elementos estruturais e da instrumentação em barragens de betão
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 2</i>	Integração da classificação do estado de conservação de cada componente em modelo BIM
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 3</i>	Definição de critérios para a avaliação global do estado de conservação da obra
<i>Descrição</i>	
<i>Tarefa 4</i>	Aplicação prática a um caso de estudo
<i>Descrição</i>	

7. CRONOGRAMA



8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Processos e sistemas

Processos e sistemas, para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de

Informação e conhecimento

Informação e conhecimento, a reter para o desenvolvimento temático em que se referenciam

Descrição dos resultados e sua integração nos diferentes tipos

O projeto tem como objetivo melhorar e sistematizar os processos associados às atividade de controlo de segurança de barragens de betão, nomeadamente através da uniformização de conceitos pelo meio técnico, o mapeamento de processos e interações entre os intervenientes. Este objetivo permitirá a digitalização e automatização do procedimentos de registo das ocorrências, agilizar o desenvolvimento de fichas de inspeção e auxiliar a interpretação do comportamento e a classificação do estado de conservação.

8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO

Descritores do valor acrescentado do projeto (ver E21)

Melhoria da eficiência e do desempenho

Promoção da segurança

Melhoria da comunicação

Descrição do valor acrescentado do projeto

Com a diminuição dos recursos humanos disponíveis nas instituições, é essencial a digitalização e automatização de procedimentos rotineiros e repetitivos. A sistematização dos processos é o passo inicial para aumentar a eficácia e otimizar os recursos nas inspeções visuais.

Apoiado na metodologia BIM, pretende-se que sejam obtidos avanços na obtenção, partilha e arquivo dos resultados das inspeções visuais, libertando recursos para atividades de análise e interpretação, aumentando a segurança das obras.

A sistematização e uniformização será também a base para definir, objetivamente, critérios para a classificação do estado de conservação das obras e para dar apoio à tomada de decisão no que diz respeito à atividades de conservação e reabilitação.

8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Interação com interlocutores

Intensificação da relação do LNEC com os interlocutores a privilegiar com vista a promover a

Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos

Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento

Sensibilização para a importância do conhecimento científico produzido na melhoria da

Descrição das estratégias de devolução de resultados à sociedade

Durante o desenvolvimento do projeto, pretende-se que sejam realizadas reuniões técnicas com os vários intervenientes nas atividades de controlo de segurança de barragens para discutir os principais aspetos para a sistematização e uniformização de conceitos e termos, por forma a serem utilizados pela comunidade técnica. Está prevista a publicação de guias e recomendações com este tipo de informação.

A aplicação a casos de estudo permitirá avaliar a viabilidade da utilização de modelos BIM para as atividades de controlo de segurança, em especial o registo das ocorrências das inspeções visuais e, no futuro, servir de base para as grandes de barragens de betão.

Dado que a utilização da metodologia BIM em barragens de betão é ainda escassa, em particular nas atividades de manutenção e controlo de segurança, preve-se que sejam publicados também artigos científicos para disseminação do conhecimento.

8.4 PRODUTOS PREVISTOS

Publicações	
Relatórios científicos	2
Livros	
Capítulos de livros	
Artigos em revista internacionais	3
Artigos em revista nacionais	2
Comunicações	
Comunicações em encontros científicos internacionais	4
Comunicações em encontros científicos nacionais	6
Organização de seminários e conferências	
Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados	
Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados	1
Formação avançada	
Teses de doutoramento	1
Dissertações de mestrado	2
Outros documentos de formação avançada	
Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão	
Especificações LNEC	2
Informações Técnicas LNEC	
Guias	3
Normas de aplicação	
Outros documentos	
Outros	
Modelos	1
Aplicações computacionais	1
Instalações piloto	1
Protótipos laboratoriais	

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU

Indústria, inovação e infraestruturas
Energias renováveis e acessíveis

Horizonte Europa

Digital, indústria e espaço
Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Digitalização e inovação empresarial
Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
Qualificação das instituições

Explicação da indexação ao contexto

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

10.1 RECURSOS HUMANOS

<i>Grupo</i>		<i>Esforço (p *m)</i>	<i>Valor</i>
IC	Grupo 91	1.87	14,212 €
IP (CH)	Grupo 92	0.00	- €
IP	Grupo 93	0.43	2,838 €
IA	Grupo 94	16.35	101,370 €
AI, TS	Grupo 95	5.40	21,600 €
EI, TI	Grupo 96	0.00	- €
CT, AT	Grupo 97	0.00	- €
AO	Grupo 98	0.00	- €
BPD (LNEC)	Grupo 11	0.00	- €
BD, BI (LNEC)	Grupo 12	45.00	90,000 €
BII (LNEC)	Grupo 13	0.00	- €
BIPD (Projeto), BI (Projeto)	Grupo 21	0.00	- €
BI (Projeto)	Grupo 22	0.00	- €
BII (Projeto)	Grupo 23	0.00	- €
Total		69.05	230,020 €

10.2 DESPESAS CORRENTES

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Missões tipo D	3	2,000.00 €	6,000 €
Missões não tipo D	4	1,000.00 €	4,000 €
Publicações em Open Access	3	2,000.00 €	6,000 €
Organização de ações de formação	2	1,000.00 €	2,000 €
Formação	2	1,000.00 €	2,000 €
			- €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			20,000 €

10.3. EQUIPAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Computadores de alto desempenho	2	3,000.00 €	6,000 €
Software	5	3,358.00 €	16,790 €
Camera 360º	1	1,000.00 €	1,000 €
Tablet para trabalho de campo	1	1,500.00 €	1,500 €
			- €
Total			25,290 €

10.4 ORÇAMENTO

Designação	Estimativa de custo	Financiamento externo	Financiamento LNEC
Recursos humanos	230,020.00 €		230,020 €
Despesas correntes	20,000.00 €		20,000 €
Equipamentos	25,290.00 €		25,290 €
Gastos gerais	239,078.00 €		239,078 €
Total	514,388 €	- €	514,388 €

Valor do financiamento externo proveniente de empresas públicas ou privadas (incluída em estudos de I&I ou por contrato)

Valor do financiamento destinado a processos internos inseridos em projetos de investigação

Se não existe financiamento externo nem vai ser

Foi submetida uma candidatura aos projetos IC&DT em Todos os Domínios Científicos 2025 da FCT

Se não existe financiamento externo, mas var ser obtido no futuro, indique as fontes de financiamento e o montante pretendido

Legenda

- Grupo 91 - Investigador Coordenador (IC)
- Grupo 92 - Investigador Principal c/habilitação (IP Ch)
- Grupo 93 - Investigador Principal (IP)
- Grupo 94 - Investigador Auxiliar (IA)
- Grupo 95 - Assistente de investigação (AI); Técnico Superior (TS)
- Grupo 96 - Especialista de informática (EI); Técnico de informática (TI)
- Grupo 97 - Coordenador técnico (CT); Assistente técnico (AT)
- Grupo 98 - Assistente operacional (AO)
- Grupo 11 - Bolsista LNEC - investigação pós-doutoral (BPD)
- Grupo 12 - Bolsista LNEC - investigação doutoramento (Antigo Regulamento LNEC de 2001/04/26); Bolsista LNEC - investigação doutoramento (BI); Bolsista LNEC - investigação mestrado (BII); Bolsista LNEC - investigação licenciatura (BII)
- Grupo 13 - Bolsista LNEC - iniciação à investigação (BII)
- Grupo 21 - Bolsista de Projeto - Investigação pós-doutoral FCT/majoração LNEC (BIPD); Bolsista de Projeto - Investigação doutoramento FCT/majoração LNEC (BI); Bolsista de Projeto - Investigação doutoramento ou licenciados/mestres inscritos em cursos n/confere grau académico FCT (BI)
- Grupo 22 - Bolsista de Projeto - Investigação mestrado/mestrado integrado ou licenciados/mestres inscritos em cursos n/confere grau académico FCT (BII)
- Grupo 23 - Bolsista de Projeto - Iniciação à investigação FCT (BII)

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

Indicador 1	<i>Financiamento externo relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 2	<i>Financiamento da atividade de investigação por empresas (públicas ou privadas) relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 3	<i>Valor do financiamento do LNEC relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	100%
Indicador 5	<i>Número de teses de doutoramento orientadas por investigador do projeto</i>	0.05
Indicador 6	<i>Número de dissertações de mestrado orientadas por investigador do projeto</i>	0.11
Indicador 7	<i>Investimento em equipamentos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	5%
Indicador 9	<i>Valor do financiamento destinado a processos internos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 10	<i>Número de entidades externas parceiras do projeto</i>	2.00
Indicador 11	<i>Número de publicações científicas (e.g., artigos, livros ou capítulos de livros, comunicações, relatórios científicos) por investigador do projeto</i>	0.91
Indicador 13	<i>Número de documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão (Especificações LNEC, Informações Técnicas LNEC, guias, normas de aplicação, etc.) por investigador do projeto</i>	0.27
Indicador 14	<i>Número de eventos científicos e técnicos organizados ou coorganizados pelo LNEC por investigador do projeto</i>	0.05

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

Indicador 1	<i>Financiamento externo relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 2	<i>Financiamento da atividade de investigação por empresas (públicas ou privadas) relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 3	<i>Valor do financiamento do LNEC relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	100%
Indicador 5	<i>Número de teses de doutoramento orientadas por investigador do projeto</i>	0.05
Indicador 6	<i>Número de dissertações de mestrado orientadas por investigador do projeto</i>	0.11
Indicador 7	<i>Investimento em equipamentos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	5%
Indicador 9	<i>Valor do financiamento destinado a processos internos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 10	<i>Número de entidades externas parceiras do projeto</i>	2.00
Indicador 11	<i>Número de publicações científicas (e.g., artigos, livros ou capítulos de livros, comunicações, relatórios científicos) por investigador do projeto</i>	0.91
Indicador 13	<i>Número de documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão (Especificações LNEC, Informações Técnicas LNEC, guias, normas de aplicação, etc.) por investigador do projeto</i>	0.27
Indicador 14	<i>Número de eventos científicos e técnicos organizados ou coorganizados pelo LNEC por investigador do projeto</i>	0.05

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

Motivação

Oportunidades - Iniciativas e desafios para desenvolver projetos de investigação
Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Temas e desafios

Tema principal

Indústria 4.0

Desafios

Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão
Transição digital na construção, arquitetura, engenharia

Tema secundário

Construção

Desafios

Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído

Tipo de resultados

Processos e sistemas
Informação e conhecimento

Valor acrescentado do projeto

Melhoria da eficiência e do desempenho
Promoção da segurança
Melhoria da comunicação

Conetividade

Interação com interlocutores
Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos
Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento

Indexação ao contexto

Objetivos de desenvolvimento sustentável

Indústria, inovação e infraestruturas
Energias renováveis e acessíveis

Horizonte Europa

Digital, indústria e espaço
Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Digitalização e inovação empresarial
Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
Qualificação das instituições



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt