



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO
DO DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS DO LNEC
PARA O PERÍODO 2021-2027**



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS DO LNEC PARA O PERÍODO 2021-2027

Lisboa • março 2023

OAC&T ESTRUTURAS

RELATÓRIO 110/2023 – DE/Chefia

Título

**ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS DO LNEC
PARA O PERÍODO 2021-2027**

Autoria

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

José Manuel Catarino¹, Maria Luísa Sousa³

**Alexandra Carvalho³, Alfredo Campos Costa² Ana Sofia Louro³,
António Baptista², António A. Correia³ Fernando Marques da Silva³
Filipe Ribeiro³, Helena Cruz², João André³, Lina Nunes³, Luís Oliveira Santos²
Manuel Pipa², Min Xu³, Noemi Leitão², Paulo Candeias³, Paulo Silveira²
Sónia Duarte⁴, Teresa Oliveira Santos³**

1 Investigador-Coordenador

2 Investigador Principal

3 Investigador Auxiliar

4 Técnico Superior

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 110/2023

Proc. 0301/3102/19674

ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS DO LNEC PARA O PERÍODO 2021-2027

Resumo

Este relatório apresenta a Estratégia de Investigação e Inovação adotada pela Comissão Científica Departamental (CCD) do Departamento de Estruturas (DE) do LNEC para o período 2021-2027 (E2I 21-27 DE). A E2I 21-27 DE segue as linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação estabelecida pelo LNEC para esse período e responde ao Plano de Ação delineado para concretizar essa estratégia que solicita o seu aprofundamento nas unidades departamentais.

A CCD do DE propõe a implementação de dez programas de investigação e inovação identificando os respetivos temas e desafios e o seu enquadramento ao nível nacional, europeu e internacional. Os programas de investigação e inovação são caracterizados em termos de conteúdos, objetivos, participação das unidades de investigação do DE e respetiva equipa, parcerias com outras unidades departamentais do LNEC, entidades externas e indicadores de execução.

Por fim, estabelece-se o mecanismo de implementação e acompanhamento da E2I 21-27 DE e resumem-se os elementos mais relevantes da Estratégia.

Palavras-chave: Estruturas / Infraestruturas / Investigação / Inovação

RESEARCH AND INOVATION STRATEGY OF LNEC'S STRUCTURES DEPARTMENT FOR THE PERIOD 2021-2027

Abstract

This report presents the Research and Innovation Strategy adopted by the Departmental Scientific Council (CCD) of LNEC's Structures Department (DE) for the period 2021-2027 (E2I 21-27 DE). The E2I 21-27 DE follows the guidelines of the Research and Innovation Strategy established by LNEC for that period [LNEC, 2022] and responds to the Action Plan outlined to implement that strategy, which demands its further development within LNEC departmental units.

The CCD of DE proposes ten research programs, identifying priority research lines and specifying the national, European and international frameworks. The research programs are further detailed in terms of contents, objectives, participating DE's research units and teams, partnerships with other LNEC's research units and external entities, and performance indicators.

Lastly, the report establishes the mechanism for implementing and monitoring the E2I 21-27 DE and summarizes the most relevant Strategy's components.

Keywords: Structures / Infrastructures / Research / Innovation

Índice

1	Introdução	1
2	Construção da Estratégia de I&I do Departamento de Estruturas.....	3
	2.1 Linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC	3
	2.2 Procedimento adotado pela CCD do DE	4
3	Programas de investigação e inovação do Departamento de Estruturas.....	6
	3.1 Instrumentos de apoio à gestão de obras de arte – BRIMANT	6
	3.2 Avaliação, reabilitação e reforço estrutural – ARRAnGE.....	6
	3.3 Desenvolvimento e otimização de biomateriais para a construção – CONSTBIO.....	7
	3.4 Sistemas estruturais e produtos inovadores – SEPINov	8
	3.5 Investigação pré-normativa no domínio dos Eurocódigos Estruturais – prEUStruct 2.0.....	8
	3.6 Avaliação e mitigação de risco para ações extremas – ARISCA.ext	9
	3.7 Qualidade de materiais, segurança e robustez estrutural – ASSURE	10
	3.8 Metodologias de monitorização da integridade estrutural – MINERAL	10
	3.9 Modelação da ação sísmica – SIGMA.....	11
	3.10 Modelação do comportamento estrutural – MEstr.....	12
4	Caracterização da estratégia de I&I do Departamento de Estruturas	13
	4.1 Elementos da estratégia	13
	4.2 Enquadramento nas linhas orientadoras da E2I 21-27	13
	4.3 Projetos competitivos de investigação e inovação	18
	4.4 Participação das unidades de I&I do DE	20
	4.5 Participação dos investigadores do DE	20
	4.6 Participação de outras UD's do LNEC.....	21
	4.7 Parceiros externos e entidades interessadas	22
	4.8 Indicadores de execução	25
5	Desenvolvimento e acompanhamento.....	28
6	Considerações finais	29
	Referências bibliográficas	32
	ANEXOS.....	33
	ANEXO I Temas e desafios e prioridades nacionais e internacionais	35
	ANEXO II Programas de investigação e inovação do DE.....	41

Índice de figuras

Figura 2.1 – Ciclo conceptual da E2I 21-27 [LNEC, 2022]	3
Figura 2.2 – Form View da base de dados DE 2I	4
Figura 4.1 – Comparação dos indicadores do DE realizados no período 2013-2020 com os propostos para o período 2021-2027	26
Figura 4.2 – Indicadores propostos (2021-2027) normalizados pelo número acumulado de investigadores do DE no período	26
Figura 4.3 – Comparação dos indicadores do LNEC no período 2013 a 2020 com os propostos na E2I 21-27 DE normalizados pelo número total de investigadores do LNEC e do DE nos dois períodos.....	27

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Temas e desafios principais e secundários (Des. p & s) dos programas de I&I do DE .	14
Quadro 4.2 – Enquadramento dos programas I&I do DE nas Agendas e Prioridades (Ag & P) de intervenção da Estratégia Portugal 2030.....	15
Quadro 4.3 – Enquadramento dos programas de I&I do DE nos domínios de intervenção do Horizonte Europa.....	16
Quadro 4.4 – Enquadramento dos programas de I&I do DE nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas.....	17
Quadro 4.5 – Projetos de I&I.....	18
Quadro 4.6 – Participação das unidades do DE.....	20
Quadro 4.7 – Participação dos investigadores do DE.....	21
Quadro 4.8 – Participação de outras UDs do LNEC.....	22
Quadro 4.9 – Parceiros externos.....	23
Quadro 4.10 – Entidades interessadas.....	24
Quadro 4.11 – Número de publicações científicas, teses e dissertações orientadas por investigadores do LNEC, e número de trabalhadores do LNEC na carreira de investigação nos anos de 2013 a 2020 (fonte: QUAR, 2013 a 2018 e 2020).....	27
Quadro AI.1 – Temas e desafios do LNEC.....	37
Quadro AI.2 – Agendas (Ag) e prioridades (P) de intervenção - Estratégia Portugal 2030.....	38
Quadro AI.3 – Domínios de intervenção agregados do Pilar 2 «Desafios Globais e Competitividade Industrial» do Horizonte Europa.....	38
Quadro AI.4 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas.....	39

1 | Introdução

Este relatório apresenta a Estratégia de Investigação e Inovação (E2I) adotada pela Comissão Científica Departamental (CCD) do Departamento de Estruturas (DE) do LNEC para o período 2021-2027, doravante designada por E2I 21-27 DE. Esta Estratégia segue as linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação estabelecida pelo LNEC [LNEC, 2022] para 2021-2027 que coincide com o período de vigência do atual Programa-Quadro de Investigação e Inovação da União Europeia, o Horizonte Europa. A E2I 21-27 DE agora apresentada responde ao Plano de Ação [LNEC, 2022] delineado pelo Conselho Diretivo do LNEC para concretizar essa estratégia, que solicita o aprofundamento da mesma no âmbito das unidades departamentais (UDs) deste Laboratório.

A CCD do DE propõe implementar dez programas de investigação e inovação (I&I) que são caracterizados neste relatório em termos de objetivos, conteúdos, participação das unidades de investigação do DE e respetiva equipa, parcerias com outras unidades departamentais do LNEC e entidades externas.

O DE desenvolve atividades de investigação e inovação nos domínios da segurança e reabilitação de estruturas e do seu comportamento ao longo do respetivo ciclo de vida, designadamente atividades relacionadas com o comportamento dinâmico de estruturas, a sua vulnerabilidade e robustez, a avaliação e mitigação do risco sísmico, a aerodinâmica de estruturas, a avaliação do risco de degradação física e biológica da madeira e outros materiais de origem natural e a caracterização de produtos e sistemas de construção inovadores.

O DE assegura a representação nacional na elaboração dos Eurocódigos Estruturais bem como a elaboração das Normas Portuguesas que transpõem as Normas Europeias neste âmbito, realizando investigação de índole pré-normativa associada à preparação dos anexos nacionais dessas Normas.

O DE apoia a tomada de decisão na gestão patrimonial de infraestruturas através da colaboração com entidades públicas e privadas, por meio de inspeções, ensaios e estudos. O DE realiza ensaios em mesas sísmicas e em túneis aerodinâmicos, medição de vibrações para a caracterização dinâmica de sistemas estruturais, monitorização, inspeção e ensaio de estruturas especiais e obras de arte, atividades de certificação e de homologação de sistemas estruturais e dos seus componentes, e peritagens para a averiguação de causas de acidentes e de anomalias estruturais.

O presente relatório encontra-se organizado em seis capítulos e é complementado por dois Anexos. Para além desta Introdução, o segundo capítulo resume as linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027 (E2I 21-27) e descreve o processo adotado no Departamento de Estruturas para a sua construção. Este capítulo é acompanhado pelo Anexo I que lista os temas e desafios do LNEC e as prioridades nacionais e internacionais que constituem as linhas orientadoras da E2I 21-27. O terceiro capítulo apresenta o resumo do conteúdo dos dez programas de investigação e inovação propostos pelo DE e é complementado pelo Anexo II que reúne a informação completa sobre os mesmos. O capítulo 4 caracteriza a Estratégia de I&I do DE,

dando especial relevo à sua relação com os temas e desafios do LNEC, ao seu enquadramento nas orientações estratégicas de nível nacional, europeu e internacional (Anexo I) bem como às estatísticas dos programas de I&I no que concerne à participação das unidades de investigação do DE e respetiva equipa, às parcerias com outras unidades departamentais do LNEC e entidades externas, ao número de projetos de investigação expectáveis e em curso e aos indicadores propostos para avaliar a execução do programa. No capítulo 5 estabelece-se o mecanismo de implementação e acompanhamento da E2I 21-27 DE e finalmente, no capítulo 6, resumem-se os elementos mais relevantes da Estratégia de Investigação e Inovação do Departamento de Estruturas para 2021-2027.

2 | Construção da Estratégia de I&I do Departamento de Estruturas

2.1 Linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC

A Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027 (E2I 21-27) decorre das orientações das grandes estratégias nacionais e internacionais nos domínios da construção, do habitat e do ambiente [LNEC, 2022]. Desta forma, a atividade de I&I para o período 2021-2027, para além de se enquadrar nos Temas e Desafios do LNEC, encontra-se alinhada com as prioridades de intervenção definidas na Estratégia Portugal 2030, com as áreas de atuação do programa Horizonte Europa e visa cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. O Anexo I lista o conjunto das linhas orientadoras da E2I 21-27.

A Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC baseia-se no Ciclo de Investigação e Inovação ilustrado na Figura 2.1, que generaliza a Matriz Programática da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC de 2013-2020 [LNEC, 2015], considerando agora um maior número de dimensões para a atividade de I&I. Assim, tal como referido em [LNEC, 2022], os *Temas e Desafios* são agora apenas uma das componentes da E2I 21-27.



Figura 2.1 – Ciclo conceptual da E2I 21-27 [LNEC, 2022]

A construção e concretização da Estratégia de I&I do LNEC baseia-se no seu aprofundamento nas Unidades Departamentais visando quatro grandes objetivos, conforme especificado em [LNEC, 2022]:

1. *Clarificar o contributo de cada UD para a prossecução da E2I 21-27, interpretando e adaptando o conceito estratégico e as metas estabelecidas às condições específicas de cada UD e identificando as suas grandes áreas estratégicas de atuação em matéria de I&I;*
2. *Identificar complementaridades e sistematizar áreas de interação com as outras UD na prossecução dos objetivos estratégicos do LNEC;*

3. Preparar as UD para participarem na construção do P2I [Plano de Ação da E2I 21-27], identificando linhas específicas de I&I de cada UD e explicitando o modo como essa atividade se enquadra no ciclo de investigação e inovação;
4. Alocar os recursos internos disponíveis às propostas de programas e de projetos de investigação para viabilizar o seu desenvolvimento.

2.2 Procedimento adotado pela CCD do DE

O procedimento adotado pela Comissão Científica Departamental (CCD) do DE para cumprir o Plano de Ação da E2I do LNEC para o período 2021-2027 contemplou os seguintes passos:

1. Foi criada uma Base de Dados em Microsoft Access (DE 2I) para armazenar e manter atualizada a informação respeitante à atividade de investigação e inovação do DE. Todos os investigadores do DE têm acesso à Base de Dados podendo consultar e atualizar a informação constante da ferramenta. A Base de Dados DE 2I foi inicialmente construída para armazenar a informação respeitante ao período compreendido entre 2013 e 2020 e posteriormente alargada para cobrir a atividade de investigação e inovação do DE relativa ao período de 2021 a 2027 (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Form View da base de dados DE 2I

2. Em outubro de 2021 foi iniciado o balanço de cada linha prioritária de investigação do DE relativa ao período de 2013 a 2020, não só para estimar o grau de execução de cada projeto, como para identificar as tarefas consideradas mais relevantes para desenvolvimento futuro, pretendendo-se desta forma refletir sobre ideias de programas de investigação para o novo quadro E2I 21-27.

3. Na reunião da CCD do DE de 24 de novembro de 2021 foi discutida a E2I 21-27, tendo sido elaborado um documento com as propostas do DE visando a melhoria da mesma.
4. Na reunião extraordinária em plenário do Conselho Científico do LNEC de 8 de junho de 2022 foi aprovado o parecer sobre a E2I 21-27 do LNEC.
5. Consequentemente, em julho de 2022, foi pedido aos investigadores do DE que apresentassem propostas de ideias de investigação e inovação, enquadradas na definição estratégica da E2I 21-27 e *alinhadas com os objetivos definidos nas grandes estratégias nacionais nos domínios da construção, do habitat e do ambiente*, tal como recomendado na E2I 21-27 [LNEC, 2022]. Estas propostas deveriam ainda mencionar os investigadores e setores do DE participantes, bem como outros setores do LNEC, parceiros externos, entidades interessadas e possíveis fontes de financiamento. Desta forma foram elaborados dez programas de I&I explicitando claramente os conteúdos inovadores e os resultados esperados dos mesmos. No capítulo 3 apresenta-se o resumo de cada programa de I&I, complementado no Anexo II pela informação completa sobre os programas mencionados. As propostas de dez programas de investigação e inovação elaboradas no DE foram submetidas ao Conselho Diretivo do LNEC em julho de 2022.

3 | Programas de investigação e inovação do Departamento de Estruturas

3.1 Instrumentos de apoio à gestão de obras de arte – BRIMANT

O projeto proposto visa o desenvolvimento de instrumentos de apoio à decisão para utilização no âmbito da gestão de obras de arte. Procura-se explorar novas tecnologias disponíveis para integração nos trabalhos de inspeção de pontes, tendo em vista agilizar esses trabalhos, minimizando os meios a mobilizar e aumentando a eficiência e a eficácia dessas inspeções. Procura-se também desenvolver ferramentas numéricas e experimentais que permitam um melhor conhecimento dos efeitos estruturais das reações expansivas internas em pontes de betão, bem como da eficácia das medidas de mitigação destas reações. Uma terceira vertente do programa visa a quantificação dos efeitos das alterações climáticas no desempenho das pontes e o impacto nos respetivos custos de manutenção, bem como identificar as medidas de adaptação mais adequadas, tendo em consideração os dados climáticos, a projeção dos efeitos dos diversos cenários e a relação custo-benefício das medidas de adaptação. Por fim, pretende-se desenvolver uma metodologia integrada para proceder à análise do ciclo de vida de obras de arte, tendo em consideração a segurança estrutural, mas também os critérios ambiental, económico e social.

3.2 Avaliação, reabilitação e reforço estrutural – ARRanGE

O envelhecimento natural das estruturas, a sua deficiente conservação, a alteração de uso e as ações extremas são situações para as quais a intervenção do DE é solicitada no sentido de avaliar as condições de resistência, segurança e desempenho das estruturas. Esta atividade é frequentemente acompanhada da necessidade de apontar soluções que se traduzam numa efetiva reabilitação e reforço das estruturas existentes.

Acresce que face ao objetivo da União Europeia de atingir a neutralidade carbónica até 2050, propõe-se abordar de forma integrada as questões ligadas ao desempenho energético do edificado com a segurança estrutural relacionada com a ação sísmica, a fim de potenciar sinergias entre a adaptação às alterações climáticas e a mitigação do risco sísmico e promover os princípios de economia circular e de resiliência a desastres no sector da construção.

Estas são atividades de reconhecida importância e que se revestem de uma complexidade adicional quando comparadas com a realização de estruturas novas. A recolha de informação sobre as estruturas existentes, o seu tratamento estatístico, o conhecimento sobre as práticas construtivas de diferentes épocas, os regulamentos em vigor à data da sua construção, são aspetos essenciais nesta área que não são considerados na conceção e dimensionamento de estruturas novas. Por outro lado, o estabelecimento das relações causa-efeito em estruturas existentes e a redução da sua vulnerabilidade requerem um conhecimento aprofundado do comportamento e capacidade real dos materiais, dos elementos estruturais e das estruturas completas sujeitas às várias solicitações.

Este programa pretende enquadrar as atividades de investigação sobre avaliação, reabilitação e reforço estrutural, que tire partido das valências existentes em termos da capacidade instalada para realizar ensaios sobre materiais, elementos estruturais, subestruturas e estruturas completas, tanto em ambiente de laboratório como em situações reais, ampliando o conhecimento existente.

Este programa de I&I incluirá, entre outros aspetos, a reabilitação e o reforço sísmico, o estudo do desempenho de soluções de reforço tradicionais e o desenvolvimento de sistemas inovadores. Considerando que têm sido desenvolvidos, na última década, vários projetos internacionais relativos a técnicas inovadoras de reabilitação integrada sísmica e energética de edifícios, pretende-se estudar as que melhor se adequam à realidade nacional e otimizar de forma criteriosa e fundamentada potenciais intervenções integradas no parque edificado

O programa contemplará ainda a realização de estudos experimentais e de simulações numéricas, e o desenvolvimento de documentos normativos e recomendações para a avaliação, reforço e reabilitação sísmica e energética de estruturas.

3.3 Desenvolvimento e otimização de biomateriais para a construção – CONSTBIO

Nesta nova proposta de programa de investigação e inovação, foi dada particular atenção a novos produtos com materiais de origem natural (incluindo produtos híbridos ou compósitos) ou com a inclusão de resíduos. Definiu-se assim uma nova área de trabalho, a “Utilização sustentável de materiais na construção”.

No sentido de desenvolver capacidades (conhecimento, meios laboratoriais e modelos) que permitam sustentar parcerias na área da otimização e conceção de produtos inovadores à base de biomateriais pretende-se com o presente programa: (a) Desenvolver pelo menos um produto à base de biomateriais (incluindo produtos híbridos ou compósitos) para a indústria de construção; (b) Desenvolver, caracterizar e otimizar, em particular na sua suscetibilidade à degradação biológica, um produto para a construção com adição de bio-resíduos. Para a obtenção dos objetivos anteriores é necessário ainda: (c) Avaliar riscos de degradação biológica in situ para o estudo e desenvolvimento de produtos e processos de tratamento de materiais de origem natural; (d) Desenvolver novos métodos laboratoriais para ensaio da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural. Para este objetivo é necessário desenvolver novos métodos laboratoriais e de campo para ensaio da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural e novas estratégias de proteção baseadas no desenvolvimento de modelos de degradação. Estes modelos de degradação, inicialmente utilizados para madeira, podem ser posteriormente aplicados a outros materiais, nomeadamente em sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS). Pretende-se ainda otimizar produtos existentes no mercado (com possíveis ações de demonstração) numa perspetiva de estímulo ao estabelecimento de parcerias com a indústria. Para atingir os objetivos definidos no âmbito deste projeto, é fundamental a manutenção de parcerias e colaborações que fomentem o trabalho em equipas multidisciplinares,

quer a nível nacional, quer em numerosas colaborações internacionais, e continuar a dar oportunidade à participação fundamental dos alunos de mestrado e doutoramento.

3.4 Sistemas estruturais e produtos inovadores – SEPINov

O programa de investigação SEPINov procura desenvolver, consolidar e sistematizar o conhecimento sobre os requisitos aplicáveis a produtos e sistemas inovadores para a construção de edifícios ou para o reforço estrutural, bem como sobre regras de execução e pormenorização e critérios de avaliação e apreciação desses produtos e sistemas.

A conjuntura atual tem forçado as empresas nacionais a procurar novos mercados. No caso das indústrias que produzem sistemas industrializados para construção de edifícios leves, kits para realização de paredes ou pavimentos, ou outros produtos prefabricados para a construção, têm sido exploradas novas utilizações, em particular as relacionadas com infraestruturas turísticas ou de apoio ao lazer. Têm, paralelamente, sido procuradas oportunidades no mercado externo, por exemplo africano e sul-americano, especialmente no campo da habitação de custos económicos, e na resposta a situações de emergência.

Para muitas dessas situações, o enquadramento regulamentar é diminuto ou inexistente, a informação é escassa e a aplicação de critérios ou exigências em vigor na União Europeia revela-se desajustada.

O LNEC poderá desempenhar um papel fundamental no apoio a estas empresas, na identificação das exigências de desempenho aplicáveis / adequadas para cada caso, e na identificação dos riscos associados a utilizações e a condições de exposição menos habituais, designadamente no que se prende com as solicitações, a habitabilidade e a durabilidade. Poderá ainda colaborar de forma determinante no desenvolvimento de novos kits e sistemas de construção adaptados à realidade não europeia, bem como na apreciação técnica e na evidência de desempenho adequado desses produtos e sistemas inovadores, o que poderá constituir uma forte vantagem comercial e uma forma de gerir recursos de forma adequada.

No que se refere ao reforço de estruturas, novos materiais e novas abordagens têm sido propostos pelo mercado, carecendo de caracterização e avaliação de viabilidade técnica.

3.5 Investigação pré-normativa no domínio dos Eurocódigos Estruturais – prEUStruct 2.0

O presente programa visa promover as atividades de investigação necessárias para o desenvolvimento e a implementação da nova geração de Eurocódigos Estruturais, em particular no que se refere à elaboração dos Anexos Nacionais que necessitará de investigação pré-normativa em diversos domínios nos quais o LNEC tem atribuições relevantes, enquanto Organismo de Normalização Setorial designado pelo IPQ no domínio dos Eurocódigos Estruturais que assegura a coordenação da Comissão Técnica de Normalização Portuguesa CT 115 – Eurocódigos Estruturais, homóloga da Comissão Técnica de Normalização Europeia CEN/TC 250, desde a sua criação.

Este programa de I&I enquadra-se na missão que o LNEC tem de assistir o Governo na prossecução das políticas públicas, exercendo funções de apoio técnico às entidades que constituem a autoridade nos diversos setores da Administração Pública, relativamente à promoção da qualidade e inovação e ao nível da mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído.

Está atualmente em curso o desenvolvimento da Segunda Geração de Eurocódigos Estruturais e prevê-se que, a partir de 2027, venham a fazer parte do Acervo Normativo Nacional novos Eurocódigos, quer seja por adoção das normas europeias quer através da produção das normas nacionais de transposição dos Eurocódigos (versões portuguesas das normas europeias) o que, em qualquer dos casos, implica a elaboração de um Anexo Nacional, no qual são estabelecidas as condições particulares de aplicação em Portugal de cada uma das Partes dos Eurocódigos.

Tendo em conta que o acompanhamento do desenvolvimento desta nova geração de Eurocódigos Estruturais e que a elaboração dos Anexos Nacionais carecerá de investigação pré-normativa e sabendo que desde os primórdios dos Eurocódigos, muitos investigadores do LNEC têm estado ligados à atividade de elaboração destes documentos normativos, por via da sua participação como peritos nos grupos de trabalho do CEN/TC 250 ou como vogais da CT 115, este programa de I&I contemplará, entre outros temas, estudos nos domínios da fiabilidade (Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas novas e estruturas existentes), das ações em estruturas (zonamento do território para determinação dos valores das cargas devidas à neve, zonamento do território para quantificação da ação do vento, ações térmicas decorrentes das condições climáticas do território, etc), dos novos materiais e produtos utilizados em betão estrutural (varões nervurados de aço inoxidável ou de FRP, betões com baixa dosagem de ligante e/ou agregados reciclados, etc.) e respetivas disposições construtivas).

3.6 Avaliação e mitigação de risco para ações extremas – ARISCA.ext

Este programa de investigação visa aumentar a resiliência de centros urbanos e infraestruturas críticas a ações extremas (sismos, incêndios e ventos) contribuindo para a minimização das perdas diretas e indiretas em cenários de catástrofe. Neste programa pretende-se desenvolver metodologias de análise e criar rotinas de cálculo específicas para avaliação de custos diretos e indiretos, associados a edifícios correntes e/ou redes de infraestruturas críticas, como escolas, serviços de emergência e indústrias SEVESO. No sentido de mitigar o risco e aumentar a resiliência pretende-se desenvolver metodologias para análises custo-benefício no simulador de avaliação do risco sísmico, bem como desenvolver metodologias de análise de resultados experimentais e de propagação de incertezas para uma melhor caracterização da vulnerabilidade das estruturas e avaliação de risco. Por último, pretende-se colaborar com os vários *stakeholders* (municípios, SPES, Ordem dos Engenheiros, APPC, entre outros) no sentido de desenvolver modelos de avaliação e certificação sísmica, baseados num conjunto de procedimentos simplificados e expeditos, envolvendo as metodologias definidas para avaliação da segurança sísmica.

3.7 Qualidade de materiais, segurança e robustez estrutural – ASSURE

A avaliação da segurança de estruturas mantém-se uma área de investigação em contínuo desenvolvimento e de interesse relevante, devido às elevadas expectativas da sociedade sobre o desempenho das construções. As metodologias recentemente desenvolvidas permitem reduzir as incertezas associadas às várias fases da referida avaliação, com base num melhor conhecimento dos vários parâmetros que condicionam os seus resultados.

Estes parâmetros podem ser de diversos tipos, como as ações e os seus efeitos sobre as estruturas (no caso da ação do fogo, por exemplo), as características dos materiais e dos produtos utilizados na construção, e os modelos de análise adotados para simular o comportamento da estrutura, quantificar a sua resistência e robustez e avaliar a sua vulnerabilidade face a um colapso progressivo.

A presente linha de investigação inclui uma análise crítica das metodologias e critérios atualmente utilizados na avaliação e aprovação das características mecânicas de materiais e produtos para a construção, e a sua reformulação com o objetivo de satisfazer os níveis de risco aceitáveis para os fabricantes e para os seus clientes. Esta análise inclui a recolha e o tratamento de um grande volume de informação sobre diversos produtos de aço para betão armado, com diferentes geometrias e classes de resistência, produzidos por um número elevado de fabricantes, ao longo de mais de uma década de controlo da sua produção.

Prevê-se igualmente o desenvolvimento e eventual revisão de normas de ensaio e de normas de produto, nomeadamente sobre varões para betão armado em aço inoxidável e em FRP.

Pretende-se, através desta linha de investigação, contribuir para a melhoria do conhecimento do desempenho estrutural de edifícios, através do desenvolvimento de modelos avançados e de métodos de análise inovadores para a contabilização de incertezas associadas às características dos materiais, e da estimativa do impacto dos critérios de decisão utilizados no controlo da sua qualidade.

3.8 Metodologias de monitorização da integridade estrutural – MINERAL

Os sistemas de monitorização da integridade estrutural constituem um importante meio para a deteção e caracterização de anomalias, podendo, no caso dos elementos afetados não se encontrarem visíveis, ou não serem visitáveis, ser o único meio capaz de efetuar o seu despiste.

Com o desenvolvimento de novos sistemas de monitorização da integridade estrutural, e com a atualização dos existentes, procura-se otimizar o seu desempenho e a sua relação preço/qualidade, o que implica que sejam desenvolvidas metodologias de tratamento da informação recolhida no âmbito da análise da integridade estrutural. A otimização dos sistemas de monitorização estrutural tem por finalidade maximizar a informação com eles obtida, minimizando os custos envolvidos com a sua instalação e exploração. Neste ponto, a evolução dos equipamentos disponíveis para a aquisição, processamento e transmissão de dados abre novas possibilidades, mas lança novos desafios na definição de sistemas de monitorização da integridade estrutural. Assim, pretende-se com esta

atividade adaptar as metodologias existentes para avaliação da condição estrutural aos novos paradigmas e novas arquiteturas associados a estas tecnologias emergentes.

O tratamento da informação recolhida para análise da integridade estrutural é levado a cabo, no âmbito da engenharia civil, com recurso a diversas técnicas, mas implica, quase sempre, a realização da análise numérica de estruturas com o objetivo de simular, não só a sua resposta ao conjunto de ações a que são normalmente submetidas, mas também os efeitos decorrentes de anomalias estruturais e avaliar a sua correlação com os dados de monitorização. A necessidade de desenvolver modelos numéricos específicos para cada estrutura e a mão-de-obra necessária à sua análise tornam esta tarefa dispendiosa. No entanto, a utilização de algoritmos de análise de dados, apelidados de técnicas de reconhecimento de padrões, para aferir a segurança de estruturas em tempo real, exibem a grande vantagem de não dependerem do tipo de estrutura analisada e de serem computacionalmente eficientes. Exemplos conhecidos destas técnicas são as redes neuronais artificiais, as máquinas de suporte vetorial e a análise de *clusters*.

3.9 Modelação da ação sísmica – SIGMA

Este programa de investigação pretende desenvolver modelos para a obtenção de series temporais verosímeis, que caracterizem a ação sísmica no nosso território.

Neste âmbito (i) serão desenvolvidas metodologias de caracterização da ação sísmica a nível regional ou local, incluindo a modelação do sismo-próximo, para as 3 componentes do movimento do solo. Considerar-se-ão metodologias híbridas (estocásticas e determinísticas, de alta e baixa frequência) e o comportamento não linear dos solos. Investigar-se-á a componente vertical do movimento do solo, e a não linearidade da relação H/V em frequência e distância.

(ii) proceder-se-á a um estudo exaustivo dos sismos registados na rede acelerográfica nacional, nas regiões do Vale do Tejo e Zona Sul Portuguesa, para a revisão da quantificação dos parâmetros regionais que caracterizam os processos físicos de propagação da energia sísmica, necessários para a calibração do modelo estocástico utilizado para a caracterização da ação sísmica.

(iii) Simular-se-ão os movimentos intensos do solo que permitirão criar uma base de dados e um tratamento estatístico para obtenção de leis espectrais de previsão do movimento do solo e, conseqüentemente, a elaboração de mapas de perigosidade sísmica para Portugal Continental e Arquipélago dos Açores que contribuirão para a revisão do mapa regulamentar inserido no anexo nacional do EC8.

Este programa pretende, assim, representar de forma credível as características do movimento do solo para um cenário (quer em forma de séries temporais ou valores espectrais) para análise da resposta de uma determinada estrutura para um projeto particular (ex: barragens, viadutos, pontes); contribuir para uma avaliação rigorosa do risco sísmico e para a definição de estratégias para a mitigação do risco sísmico; participar na elaboração do mapa de zonamento regulamentar e em todas as áreas da gestão e planeamento de emergência.

3.10 Modelação do comportamento estrutural – MEstr

Esta linha de investigação pretende desenvolver as metodologias de modelação numérica e física do comportamento estrutural com aplicação às atividades do DE.

Serão explorados, desenvolvidos e implementados modelos numéricos avançados para a simulação do comportamento estrutural de estruturas de betão, alvenaria, aço e madeira. De particular interesse é a análise e modelação de diferentes estados limite de dano das várias tipologias e materiais estruturais e as suas capacidades resistentes em forças e deslocamentos.

Serão também desenvolvidas e implementadas metodologias de ensaios híbridos (modelação física + numérica) com recurso à subestruturação estática ou dinâmica (ensaios estáticos, pseudo-dinâmicos e dinâmicos em tempo real).

Paralelamente, serão feitos desenvolvimentos ligados à atividade experimental, tais como: controlo de sistemas de atuadores e mesas sísmicas; arquivo, organização, exploração e disseminação de resultados experimentais numa base de dados partilhada; ferramentas e metodologias de identificação dinâmica para apoio a ensaios experimentais e *in situ* e a sistemas de monitorização contínua; aquisição e tratamento de dados experimentais por dispositivos óticos e por processamento de imagem.

4 | Caracterização da estratégia de I&I do Departamento de Estruturas

4.1 Elementos da estratégia

Os dez programas de I&I do DE resumidos no capítulo anterior constituem os elementos essenciais da E2I 21-27 DE. A informação constante das fichas dos programas incluídas no Anexo II permite caracterizar a estratégia de I&I do DE pelo seu enquadramento nos temas e desafios do LNEC e nas orientações estratégicas nacionais, europeias e internacionais. A E2I 21-27 DE é ainda caracterizada pela participação das unidades de investigação do DE e respetiva equipa, pelas parcerias com outras unidades departamentais do LNEC e entidades externas ou interessadas, pelos projetos com financiamento em curso, pelo sucesso potencial de candidaturas de novos projetos de investigação e inovação e por um conjunto de indicadores de execução propostos para a sua avaliação.

4.2 Enquadramento nas linhas orientadoras da E2I 21-27

O quadro 4.1 apresenta a relação dos programas de I&I do DE com os Temas e Desafios do LNEC, principais e secundários. No que toca aos desafios do LNEC, seis programas do DE pretendem contribuir para o desafio T13 - *Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído*, cinco para o desafio T12 - *Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído* e três para os desafios T11 - *Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural*, T23 - *Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade* e T35 - *Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão*. Os restantes desafios para os quais os programas do DE contribuem são o T33 - *Soluções de engenharia sustentáveis* (dois programas), T14 - *Comunicação e sensibilização da sociedade para os riscos*, T22 - *Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão*, T24 - *Exploração de Big Data e Data Analytics*, T32 - *Reutilização de materiais, valorização de resíduos e utilização de produtos reciclados*, e T41 - *Previsão e mitigação das alterações climáticas*, tendo cada um destes cinco últimos desafios sido escolhidos por um programa.

Na última coluna do quadro 4.1 observa-se que os desafios principais se integram maioritariamente no tema *Construção*, exceção feita para o programa MINERAL cujo desafio principal se integra no tema *Indústria 4.0*. O tema *Construção* integra ainda os desafios secundários de seis programas de investigação (ARRangE, CONSTBIO, prEUstruct 2.0, ARISCA.ext, ASSURE e MEstr). A *Economia Circular* engloba o tema secundário de outros seis programas, ou seja, do BRIMANT, do ARRangE, do CONSTBIO, do SEPINov, do ARISCA.ext e do SIGMA, enquanto a *Indústria 4.0* integra o desafio secundário de três programas que são o ASSURE, o MINERAL e o MEstr. O tema *Alterações Climáticas* engloba um desafio secundário de um único programa de I&I do DE, o BRIMANT.

O quadro 4.2 ilustra o enquadramento dos programas I&I do DE nas Agendas e Prioridades de intervenção da Estratégia Portugal 2030.

Quadro 4.1 – Temas e desafios principais e secundários (Des. p & s) dos programas de I&I do DE

Programa de I&I	Des. p & s		Descrição	Temas
BRIMANT	p	T11	Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural	Construção
	s1	T35	Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão	Economia circular
	s2	T41	Previsão e mitigação das alterações climáticas	Alterações Climáticas
ARRangE	p	T11	Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural	Construção
	s1	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
	s2	T33	Soluções de engenharia sustentáveis	Economia circular
CONSTBIO	p	T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	Construção
	s1	T11	Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural	Construção
	s2	T32	Reutilização de materiais, valorização de resíduos e utilização de produtos reciclados	Economia circular
SEPINov	p	T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	Construção
	s1	T33	Soluções de engenharia sustentáveis	Economia circular
prEUStruct 2.0	p	T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	Construção
	s1	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
ARISCA.ext	p	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
	s1	T14	Comunicação e sensibilização da sociedade para os riscos	Construção
	s2	T35	Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão	Economia circular
ASSURE	p	T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	Construção
	s1	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
	s2	T23	Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade	Indústria 4.0
MINERAL	p	T22	Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão	Indústria 4.0
	s1	T24	Exploração de <i>Big Data</i> e <i>Data Analytics</i>	Indústria 4.0
	s2	T23	Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade	Indústria 4.0
SIGMA	p	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
	s1	T35	Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão	Economia circular
MEstr	p	T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	Construção
	s1	T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	Construção
	s2	T23	Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade	Indústria 4.0
Temas e desafios principais p				
Temas e desafios secundários s1 e s2				

Os programas de I&I do DE enquadram-se maioritariamente nas Agendas *Transição Climática e sustentabilidade dos recursos* (Ag3) e *Inovação e qualificações como motores do desenvolvimento* (Ag2) e respondem de uma a três prioridades.

Quadro 4.2 – Enquadramento dos programas I&I do DE nas Agendas e Prioridades (Ag & P) de intervenção da Estratégia Portugal 2030

Programa de I&I	Ag & P		Descrição
BRIMANT	Ag2	P24	Qualificação das instituições
	Ag3	P31	Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
ARRangE	Ag3	P31	Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
	Ag3	P32	Promoção da economia circular
	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
CONSTBIO	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
	Ag3	P34	Agricultura e florestas sustentáveis
SEPINov	Ag3	P32	Promoção da economia circular
prEUStruct 2.0	Ag2	P24	Qualificação das instituições
	Ag3	P32	Promoção da economia circular
	Ag4	P44	Inserção territorial no mercado ibérico
ARISCA.ext	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
	Ag4	P41	Competitividade das redes urbanas
ASSURE	Ag1	P14	Garantia de habitação condigna e acessível
MINERAL	Ag2	P22	Digitalização e inovação empresarial
	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
SIGMA	Ag2	P24	Qualificação das instituições
	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
MEstr	Ag2	P24	Qualificação das instituições
	Ag3	P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
	Ag4	P41	Competitividade das redes urbanas

Relativamente à Agenda *Transição Climática e sustentabilidade dos recursos* (Ag3), os programas ARRangE, CONSTBIO, ARISCA.ext, MINERAL, SIGMA e MEstr respondem à prioridade P33 - *Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais*, os programas ARRangE, SEPINov e prEUStruct 2.0 à prioridade P32 - *Promoção da economia circular*, os programas BRIMANT e ARRangE à prioridade P31 - *Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética* e o programa CONSTBIO à prioridade P34 - *Agricultura e florestas sustentáveis*. No que toca à Agenda *Inovação e*

qualificações como motores do desenvolvimento (Ag2), os programas BRIMANT, prEUStruct 2.0, SIGMA e MEstr respondem à prioridade P24 - *Qualificação das instituições* e o programa MINERAL à prioridade P22 - *Digitalização e inovação empresarial*. O programa ASSURE responde à prioridade P14 - *Garantia de habitação condigna e acessível*, sendo o único que se integra na Agenda Ag1 - *As pessoas primeiro: um melhor equilíbrio demográfico, maior inclusão, menos desigualdade*.

O quadro 4.3 apresenta o enquadramento dos programas de I&I do DE nos domínios de intervenção do Horizonte Europa. Verifica-se que a maioria (sete) dos programas do DE se enquadra no domínio de intervenção *Segurança civil para a sociedade* (A3), ou seja, os programas ARRAnge, o prEUStruct 2.0, o ARISCA.ext, o ASSURE, o MINERAL, o SIGMA e o MEstr. Quatro programas de I&I enquadram-se no domínio *Digital, indústria e espaço* (A4), isto é, os programas SEPINov, ASSURE, MINERAL e MEstr. Os programas BRIMANT, ARRAnge e MINERAL enquadram-se no domínio *Clima, energia e mobilidade* (A5) e os programas CONSTBIO e SEPINov no domínio *Alimentos, bioeconomia, recursos naturais* (A6).

Quadro 4.3 – Enquadramento dos programas de I&I do DE nos domínios de intervenção do Horizonte Europa

Programa de I&I	Agregados	Descrição
BRIMANT	A5	Clima, energia e mobilidade
ARRAnge	A3	Segurança civil para a sociedade
	A5	Clima, energia e mobilidade
CONSTBIO	A6	Alimentos, bioeconomia, recursos naturais
SEPINov	A4	Digital, indústria e espaço
	A6	Alimentos, bioeconomia, recursos naturais
prEUStruct 2.0	A3	Segurança civil para a sociedade
ARISCA.ext	A3	Segurança civil para a sociedade
ASSURE	A3	Segurança civil para a sociedade
	A4	Digital, indústria e espaço
MINERAL	A3	Segurança civil para a sociedade
	A4	Digital, indústria e espaço
	A5	Clima, energia e mobilidade
SIGMA	A3	Segurança civil para a sociedade
MEstr	A3	Segurança civil para a sociedade
	A4	Digital, indústria e espaço

Finalmente o quadro 4.4 identifica os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas em que se enquadram programas de I&I do DE. A grande maioria dos programas enquadram-se no ODS9 - *Indústria, inovação e infraestruturas*, ou seja, nove dos programas propostos, excetuando-se o CONSTBIO. O segundo ODS mais frequente é o ODS11 - *Cidades e comunidades sustentáveis*, que enquadra quatro programas, o ARRangE, o CONSTBIO, o ARISCA.ext e o MEstr. O ODS12 - *Produção e consumo sustentáveis* enquadra três programas e os ODS13 e 15, *Ação climática* e *Proteger a vida terrestre*, respetivamente, enquadram dois programas. Finalmente, o ODS17 - *Parcerias para a implementação dos objetivos* enquadra um único programa, o prEUStruct 2.0.

Quadro 4.4 – Enquadramento dos programas de I&I do DE nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas

Programa de I&I	ODS	Descrição
BRIMANT	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS13	Ação climática
ARRangE	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS11	Cidades e comunidades sustentáveis
	ODS12	Produção e consumo sustentáveis
CONSTBIO	ODS11	Cidades e comunidades sustentáveis
	ODS12	Produção e consumo sustentáveis
	ODS13	Ação climática
SEPINov	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS12	Produção e consumo sustentáveis
prEUStruct 2.0	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS15	Proteger a vida terrestre
	ODS17	Parcerias para a implementação dos objetivos
ARISCA.ext	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS11	Cidades e comunidades sustentáveis
ASSURE	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
MINERAL	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
SIGMA	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
MEstr	ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
	ODS11	Cidades e comunidades sustentáveis
	ODS15	Proteger a vida terrestre

4.3 Projetos competitivos de investigação e inovação

O Quadro 4.5 mostra o número de projetos em execução e as candidaturas associadas a cada Programa de I&I na corrente data.

Verifica-se que os programas BRIMANT, ARRangE, CONSTBIO, SEPINov, e ARISCa.ext já possuem projetos em curso para o período 2021 a 2027 e, simultaneamente, acolheram candidaturas de novos projetos. O programa prEUStruct 2.0 tem projetos em curso e propõe diversos temas para projetos a desenvolver até 2027.

Quadro 4.5 – Projetos de I&I

Programa de I&I	Projetos em curso	Projetos propostos
BRIMANT	<ul style="list-style-type: none"> • GIIP 	<ul style="list-style-type: none"> • BridgeAdapt (não financiado)
ARRangE	<ul style="list-style-type: none"> • SEVen • RESIST2020 • AR-SeismicRC, FCT, 2023-2026 • Health Assessment of structural glued laminated timber members, FCTUC/LNEC, FCT – Programa Doutoral EcoCoRe 	<ul style="list-style-type: none"> • Protimber • Rehabilitation of timber members with Fibre-Reinforced Polymer (FRP) strips and bars. Performance, durability and sustainability • PISE#21 • SustainEarth • N@TRM • SETES • VISCO-I9 • Saf3nergy2021 • PISE2022 • SAFEESTOCK
CONSTBIO	<ul style="list-style-type: none"> • 2018-2022 WGB Shield - Proteção de fachadas de edifícios na revitalização das cidades. Tripla resistência à água, aos graffiti e à biocolonização em sistemas de isolamento térmico pelo exterior. Financiado pela FCT (PTDC/ECI-EGC/30681/2017)-colaboração com DED/NRI • 2019-2022 RILEM TC 275-HDB - Hygrothermal behaviour and Durability of Bio-aggregate based building materials • 2022-2025 RILEM Technical Committee BEC - Bio-stabilised earth-based construction: performance-approach for better resilience • 2020-2023 FusionPole - Reutilização e melhoria das propriedades de desempenho ao fogo de postes de madeira Financiado pela ANI, I&DT Empresas Copromoção • 2020-2023 F4F - Forests for future Projeto nº CENTRO-08-5864-FSE-000031 - Promotor líder: SERQ (Sertã, Portugal) • Projeto de doutoramento Eleonora Cintura. Development of insulation boards with bio-based waste materials and natural glues NOVA. Financiado pela FCT (programa doutoral EcoCore) (início: 2020) • Projeto de doutoramento. João Parracha. Durability for sustainability of multilayer rendering systems. ETICS and thermal mortars. IST, Universidade de Lisboa. Financiado pela FCT (início: 2021) • Projeto de doutoramento Daniel Lima. Improving the service life performance of Engineered Wood Products. Universidade do Minho. Financiado pelo MIT Portugal. (início: 2022) 	<ul style="list-style-type: none"> • ExtendCulturE - NEXt generaTion tEchnologies for preserviNg wooDen CULTURal heritagE (ExtendCulturE) - HORIZON-CL5-2022-D4-02-03 Built4people - Líder Universidade de Liubliana, proposta submetida • Avaliação da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural; Desenvolvimento de métodos de ensaio face à ação de térmitas (no âmbito do RILEM-BEC)

Quadro 4.5 – Projetos de I&I (cont.)

Programa de I&I	Projetos em curso	Projetos propostos
SEPINov	<ul style="list-style-type: none"> Otimização de um sistema de construção de casas, elaboração de Guia de Aprovação Europeia (EAD) Elaboração de um Documento de Aprovação Europeia (ETA) relativos a um sistema de construção de casas com Painéis XXI da Concexec Projeto EEA Grants - CircularBuilt 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação do desempenho de produtos e sistemas para reforço de ligações aparafusadas em estruturas de madeira – Candidatura apresentada à FCT Elaboração de um Documento de Aprovação Europeia (ETA) relativo a painéis para construção de casas – Painéis UnusBuild
prEUStruct 2.0	<ul style="list-style-type: none"> Segunda geração dos Eurocódigos Estruturais (LNEC e IPQ) 	<ul style="list-style-type: none"> Fiabilidade - Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas nova e estruturas existentes (a propor no âmbito da CT 115) Ações em estruturas (a propor no âmbito da CT 115) <ul style="list-style-type: none"> a) Zonamento do território para determinação dos valores das cargas devidas à neve b) Zonamento do território para quantificação da ação do vento c) Ações térmicas decorrentes das condições climáticas do território Estabelecer os graus de confiança a adotar nos critérios de avaliação de desempenho dos materiais e produtos utilizados em betão estrutural, de modo a assegurar, com um nível de confiança adequado, os valores das suas características utilizados em projeto para a verificação da segurança das estruturas (em estreita articulação com o programa ASSURE) Condições de utilização de novos materiais (varões nervurados de aço inoxidável ou de FRP, betões com baixa dosagem de ligante e/ou agregados reciclados, etc.) e respetivas disposições construtivas (em estreita articulação com o programa ASSURE)
ARISCA.ext	<ul style="list-style-type: none"> CMAmada – Almada Comunidade Resiliente – Estudo de Risco Sísmico – em curso Protocolo CMLisboa – ReSist – em curso TimQuake – finalizado em Outubro 2022 	<ul style="list-style-type: none"> INTEGRATE (FCT 2022) – a recandidatar em 2023 Wrisk (FCT 2022) – a recandidatar em 2023 SVSRisk (SEVESO) - a desenvolver em 2023/2024
ASSURE	<ul style="list-style-type: none"> Definição de requisitos técnicos para centrais fotovoltaicas flutuantes (trabalho para a Agência Portuguesa do Ambiente - APA) Análise do projeto de execução da central fotovoltaica flutuante do Alqueva (trabalho para Energias de Portugal – EDP) 	--
MINERAL	<ul style="list-style-type: none"> Tese de doutoramento Pedro Oliveira. "Controlo da segurança de pontes com base em inteligência artificial aplicada aos efeitos dinâmicos da passagem de veículos" Tese de doutoramento Tiago Coelho. "Otimização de sistemas e técnicas de monitorização da integridade estrutural de pontes" Apoio à Infraestruturas de Portugal, na gestão do parque de obras de arte 	--
SIGMA	<ul style="list-style-type: none"> Tese de mestrado Daniela Henriques "Parâmetros espectrais de fonte e de propagação, nas regiões do Vale do Tejo e Zona Sul Portuguesa" (até 09/2023) Pós doutoramento de Shaghayegh Karim. "Estudo do comportamento dos solos no Arquipélago dos Açores. Universidade do Minho" Revisão do mapa de perigosidade sísmica de Portugal Continental. Anexo Nacional NP EN 1998-1, CT 115 	--
MEstr	<ul style="list-style-type: none"> ERIES, Horizonte Europa, 2022-2026 HybridNET, FCT, 2021-2024 AR-SeismicRC, FCT, 2023-2026 	--

Os programas ASSURE, MINERAL, SIGMA e MEstr têm atualmente projetos em curso, mas à data não possuem candidaturas a potenciais projetos futuros.

Note-se que a informação analisada nesta secção do relatório tem por objetivo explorar a execução dos programas de I&I propostos numa fase ainda incipiente e será devidamente atualizada e ajustada com o decorrer da implementação dos programas e o surgimento de oportunidades de financiamento.

4.4 Participação das unidades de I&I do DE

O quadro 4.6 mostra a participação prevista das unidades do DE em cada programa de I&I. Verifica-se que os programas ARRangE, prEUStruct 2.0 e MEstr são transversais a todo o Departamento, os programas SEPINov, ASSURE e MINERAL contam com a participação de duas unidades do DE e os restantes quatro programas são conduzidos por uma só unidade do DE.

Verifica-se ainda que o Núcleo de Comportamento de Estruturas (NCE) e o Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE) são unidades proponentes de quatro programas de I&I e o Núcleo de Observação de Estruturas (NOE) de dois. Globalmente, o NESDE participa em oito dos dez programas de I&I do DE, o NCE em seis e o NOE em cinco.

Quadro 4.6 – Participação das unidades do DE

Programa de I&I		NCE	NESDE	NOE
BRIMANT	Instrumentos de apoio à gestão de obras de arte			
ARRangE	Avaliação, reabilitação e reforço estrutural			
CONSTBIO	Desenvolvimento e otimização de biomateriais para a construção			
SEPINov	Sistemas estruturais e produtos inovadores			
prEUStruct 2.0	Investigação pré-normativa no domínio dos Eurocódigos Estruturais			
ARISCA.ext	Avaliação e mitigação de risco para ações extremas			
ASSURE	Qualidade de materiais, segurança e robustez estrutural			
MINERAL	Metodologias de monitorização da integridade estrutural			
SIGMA	Modelação da ação sísmica			
MEstr	Modelação do comportamento estrutural			

 Unidade proponente no programa de I&I
 Unidade participante no programa de I&I

4.5 Participação dos investigadores do DE

O quadro 4.7 mostra a participação prevista dos investigadores do DE em cada programa de I&I. Verifica-se que os investigadores do DE participam num número de programas que varia entre um e sete, sendo a situação mais frequente a participação de um investigador em três programas de I&I. Para além dos elementos da CCD com a participação atrás referida, os técnicos superiores do NOE

Tiago Coelho e Pedro Oliveira contribuem para o programa MINERAL, no âmbito das respetivas teses de doutoramento.

No mesmo quadro observa-se que os programas do DE contam com a participação de dois (CONSTBIO) a 14 (prEUStruct 2.0) investigadores, sendo a situação mais frequente a participação de nove investigadores num programa de I&I, ou seja, nos programas SEPINov, ASSURE e MEstr.

Quadro 4.7 – Participação dos investigadores do DE

Programa de I&I	aac	acc	amb	amc	aps	asl	fir	fms	hmc	jmc	jpa	lmn	los	mlp	mls	mxu	nsl	pxc	smd	tos
BRIMANT					Participante								Responsável	Participante		Participante				
ARRangE	Participante	Participante		Participante		Participante	Participante		Participante		Participante	Participante			Participante			Responsável		Participante
CONSTBIO												Responsável							Participante	
SEPINov	Participante	Participante	Participante				Participante		Responsável		Participante	Participante							Participante	Participante
prEUStruct 2.0	Participante	Participante	Participante	Participante		Responsável		Participante	Participante	Participante	Participante		Participante	Participante	Participante				Participante	Participante
ARISCA.ext	Participante	Participante		Participante		Participante	Responsável								Participante				Participante	
ASSURE	Participante		Participante			Participante	Participante		Participante	Participante	Responsável								Participante	
MINERAL		Participante			Responsável								Participante	Participante		Participante			Participante	
SIGMA	Participante	Participante		Responsável											Participante				Participante	
MEstr	Responsável	Participante	Participante			Participante	Participante				Participante					Participante	Participante	Participante		

Responsável 
 Participante 

- aac - António Araújo Correia
- acc - Alfredo Campos Costa
- amb - António Baptista
- amc - Alexandra Carvalho
- aps - António Silveira
- asl - Ana Sofia Louro
- fir - Filipe Ribeiro
- fms - Fernando Marques da Silva
- hmc - Helena Cruz
- jmc - José Manuel Catarino
- jpa - João André
- lmn - Lina Nunes
- los - Luís Oliveira Santos
- mlp - Manuel Pipa
- mls - Maria Luísa Sousa
- mxu - Min Xu
- nsl - Noemi Leitão
- pxc - Paulo Candeias
- smd - Sónia Duarte
- tos - Teresa Oliveira Santos

4.6 Participação de outras UD's do LNEC

O quadro 4.8 mostra a participação prevista de outras unidades departamentais do LNEC em cada programa de I&I.

Verifica-se que o DE colaborará potencialmente com todas as UD's do LNEC, ou seja, com os Departamentos de Barragens de Betão (DBB), de Edifícios (DED), de Geotecnia (DG), de Hidráulica e Ambiente (DHA), de Materiais (DM), de Transportes (DT) e com o Centro de Instrumentação Científica (CIC). O DM colabora em sete programas do DE, o DED em seis programas, o DG em cinco, o DBB em quatro, o DHA, o DT e o CIC em dois programas de I&I.

Quadro 4.8 – Participação de outras UD's do LNEC

Programa de I&I	DBB	DED	DG	DHA	DM	DT	CIC
BRIMANT							
ARRangE							
CONSBIO							
SEPINov							
prEUStruct 2.0							
ARISCA.ext							
ASSURE							
MINERAL							
SIGMA							
MEstr							

4.7 Parceiros externos e entidades interessadas

De acordo com as orientações da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC [LNEC, 2022], serão estabelecidos contactos e parcerias com universidades, institutos politécnicos, centros tecnológicos, laboratórios associados, laboratórios colaborativos e centros de I&I empresariais, associações empresariais, empresas nacionais dos setores da construção, obras públicas e ambiente e com as redes nacionais e internacionais de C&T e de laboratórios de ensaio.

Os Quadros 4.9 e 4.10 apresentam, respetivamente, a participação prevista de parceiros externos e as entidades potencialmente interessadas em cada programa de investigação e inovação.

A maioria dos programas de I&I prevê interesse de colaboração por parte de universidades, centros de investigação e associações de carácter científico e a possibilidade de participação de municípios, empresas e institutos públicos dos setores do ambiente, construção, cultura e proteção civil. Alguns dos programas de investigação e inovação (ARRangE, MINERAL e MEstr) prevêem a participação de gestores de infraestruturas.

Todos os programas de I&I identificam potenciais entidades interessadas, nomeadamente empresas nacionais dos setores da construção, transportes, obras públicas, ambiente, proteção civil, câmaras municipais, seguros e gestão de infraestruturas, bem como entidades nacionais e internacionais ligadas à investigação.

Quadro 4.9 – Parceiros externos

Programa de I&I	Parceiros externos
BRIMANT	Universidade Gustave Eiffel UNL Universidade Nova de Lisboa Universidade Lusófona FCUL Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
ARRangE	IP Infraestruturas de Portugal DGPC Direção Geral do Património Cultural IHRU Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana SPES Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica Universidades Empresas de construção
CONSTBIO	Universidades nacionais e estrangeiras Centros de Investigação Indústria
SEPINov	Indústrias de prefabricação de sistemas, de componentes e de produtos para a construção Universidades
prEUstruct 2.0	Universidades IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ARISCA.ext	IST Instituto Superior Técnico UA Universidade de Aveiro IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera Câmaras Municipais SPES Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica
ASSURE	--
MINERAL	IP Infraestruturas de Portugal Universidade Gustave Eiffel CEREMA Climat & Territoires de Demain
SIGMA	IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera UAlg Universidade do Algarve FCUL Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa UMinho Universidade do Minho
MEstr	Universidades Bridgepoint - Engenharia de Sistemas SeismoSoft INCD Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída

Quadro 4.10 – Entidades interessadas

Programa de I&I	Potenciais entidades interessadas
BRIMANT	IP Infraestruturas de Portugal ANA Aeroportos de Portugal BRISA Concessão Rodoviária
ARRangE	IHRU Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana PTPC Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção IP Infraestruturas de Portugal JRC Joint Research Centre CEN European Committee for Standardization
CONSTBIO	Empresas e organismos públicos de construção e reabilitação ICOMOS Portugal - International Council on Monuments and Sites CEN European Committee for Standardization IPQ Instituto Português da Qualidade
SEPINov	Empresas Autarquias ANEPC Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil Promotores imobiliários
prEUstruct 2.0	Governo IPQ Instituto Português da Qualidade
ARISCA.ext	ANEPC Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil Câmaras Municipais AML Área Metropolitana de Lisboa CCDR Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional DGPC Direção Geral do Património Cultural Companhias de seguros Gestoras de redes de infraestruturas
ASSURE	Certif Associação para a Certificação Seguradoras Promotores Indústria Associações internacionais
MINERAL	IP Infraestruturas de Portugal ANA Aeroportos de Portugal LEA Laboratório de Engenharia de Angola LEM Laboratório de Engenharia de Moçambique
SIGMA	Guy Carpenter Seguradoras UE União Europeia ANEPC Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
MEstr	UE União Europeia FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

4.8 Indicadores de execução

A presente secção centra-se na análise das métricas adotadas na E2I 21-27 DE para avaliar a execução da mesma, ou seja, o número proposto de orientações de teses de mestrado, doutoramento e outras, artigos em revistas nacionais e internacionais, comunicações em eventos nacionais e internacionais, documentos normativos, relatórios científicos do LNEC, software e outros produtos.

A figura 4.1 pretende comparar os resultados decorrentes da atividade de investigação de I&I do DE para o período de 2013 a 2020 com os indicadores de execução agora propostos para o período 2021-2027.

Os pressupostos da comparação apresentada envolvem uma média anual de 21 investigadores do DE, num horizonte temporal de oito anos relativo ao período de 2013 a 2020 e uma média anual de 18.4 investigadores do DE num horizonte de duração de sete anos correspondente ao período de 2021 a 2027. O valor da média anual de investigadores no período 2021-2027 foi calculado considerando o número de investigadores atualmente existente no DE para os anos 2021 e 2022, ou seja, 20 investigadores nos dois primeiros anos do período em apreço, e a suposição de que nos últimos cinco anos deste período sete investigadores passarão gradualmente à situação de aposentação e serão progressivamente substituídos por metade do número de investigadores aposentados. Desta forma, verifica-se uma redução de cerca de 23% em termos de pessoa-mês entre o primeiro e o segundo períodos dos programas de investigação.

A proposta agora apresentada evidencia uma diminuição dos indicadores de execução relativamente aos resultados conseguidos no programa anterior, com exceção dos números propostos de artigos em revistas nacionais e internacionais, que apresentam um aumento de 9% e 1%, respetivamente. Verifica-se ainda que o número proposto de comunicações internacionais apresenta uma redução de 9% relativamente aos resultados conseguidos em 2013-2020, tendo, no entanto, um valor inferior ao da redução dos recursos humanos do DE (23%) entre os dois períodos. Menos ambiciosa aparenta ser a proposta do número de pacotes de software, documentos normativos, comunicações em eventos nacionais e relatórios científicos do LNEC, com uma redução esperada de 71%, 32%, 31% e 31%, respetivamente. No entanto, há que realçar que os indicadores propostos na Estratégia do DE para o período 2013-2020 [LNEC, 2023] se revelaram igualmente modestos relativamente aos resultados alcançados nesse período.

A figura 4.2 apresenta os indicadores de execução normalizados pelo número total de investigadores do DE que se assume que exerçam funções no período de sete anos compreendido entre 2021 e 2027. Considera-se assim que a soma do número de investigadores estimado para cada ano é de 129.

A consulta dos “Quadros de avaliação e responsabilização” do LNEC para os anos de 2013 a 2020 (QUAR, 2013 a 2018 e 2020) permitiu apurar o número de publicações científicas do LNEC, teses e dissertações orientadas por investigadores do LNEC, e o número de trabalhadores da carreira de investigação científica em cada ano deste período, conforme se apresenta no Quadro 4.11

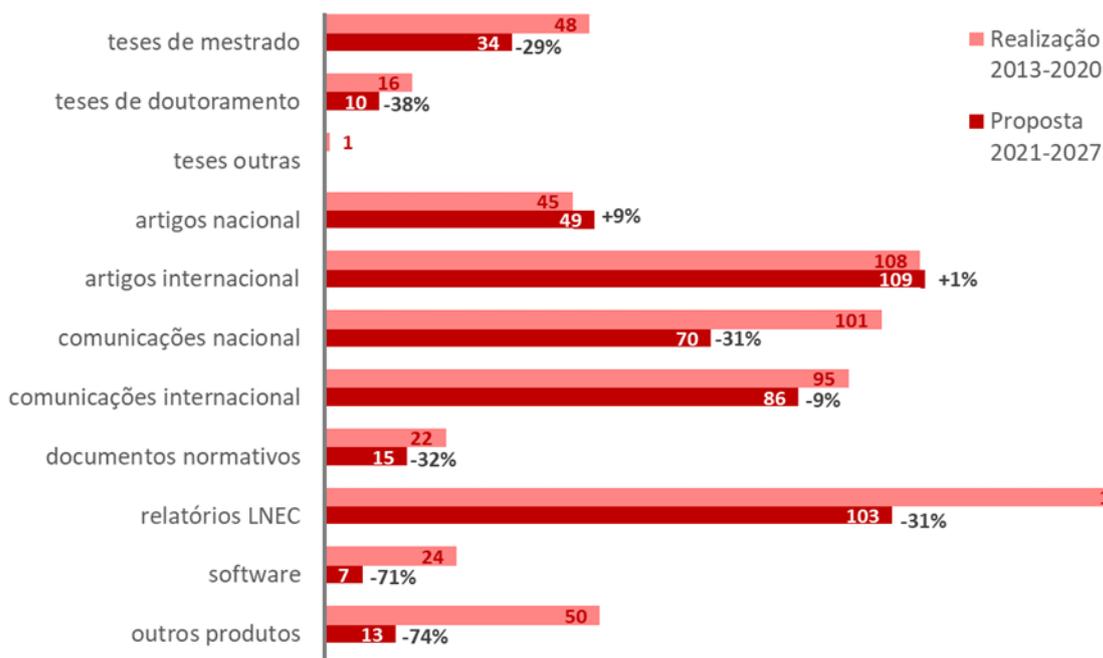


Figura 4.1 – Comparação dos indicadores do DE realizados no período 2013-2020 com os propostos para o período 2021-2027

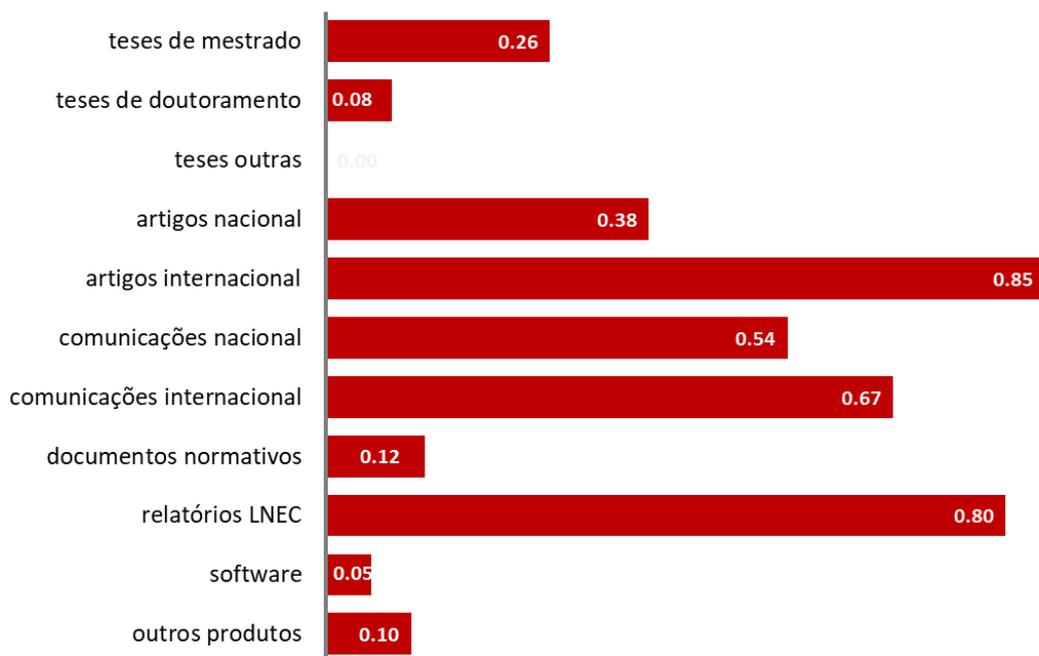


Figura 4.2 – Indicadores propostos (2021-2027) normalizados pelo número acumulado de investigadores do DE no período

Agregando os valores apurados no quadro 4.11 para o período entre 2013 e 2020, compara-se, na figura 4.3, o número total de publicações científicas e teses orientadas por investigadores do DE propostas na E2I 21-27 DE com os valores observados no período de 2013 a 2020 para todos os departamentos do LNEC, ambos normalizados pelo número acumulado de investigadores do DE e do

LNEC em cada um dos períodos respetivos. Observa-se que na E2I 21-27 DE, o número de teses que se espera serem orientadas pelos investigadores do DE é cerca de metade do verificado no LNEC no período entre 2013 e 2020, enquanto a produção científica proposta pelo DE é cerca de 1.5 vezes superior à média do LNEC.

Quadro 4.11 – Número de publicações científicas, teses e dissertações orientadas por investigadores do LNEC, e número de trabalhadores do LNEC na carreira de investigação nos anos de 2013 a 2020 (fonte: QUAR, 2013 a 2018 e 2020)

Ano	Investigadores	Publicações científicas	Teses
2013	148	454	132
2014	143	324	103
2015	140	288	90
2016	139	389	83
2017	140	385	110
2018	139	229	98
2019	151	309	96
2020	170	272	74
Total	1170	2650	786



Figura 4.3 – Comparação dos indicadores do LNEC no período 2013 a 2020 com os propostos na E2I 21-27 DE normalizados pelo número total de investigadores do LNEC e do DE nos dois períodos

5 | Desenvolvimento e acompanhamento

Prevê-se que a Estratégia de I&I do Departamento de Estruturas, baseada nas competências da unidade, na identificação de necessidades de investigação e inovação e nas respetivas oportunidades de financiamento, se desenrole com relativa estabilidade no horizonte temporal até 2027. No entanto, tal como referido no relatório sobre a Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC para o período 2021-2027 [LNEC, 2022] espera-se uma avaliação e revisão intercalar das estratégias das UD's no segundo semestre de 2024.

Em termos operacionais, a Base de Dados DE 2I apresentada no capítulo 2 deste relatório reúne toda a informação pertinente relativa aos programas de I&I do DE, constituindo uma ferramenta de apoio ao acompanhamento permanente dos mesmos.

O presente relatório adianta alguma informação sobre projetos de investigação em curso e candidaturas submetidas, visando apresentar a correspondência entre os programas de investigação e inovação e as atividades de I&I em curso e esperadas. Prevê-se que a execução da E2I 21-27 do DE tenha um carácter dinâmico, envolvendo um mecanismo permanente de ajustamento tendo em conta os resultados obtidos nos diversos tipos de candidaturas de financiamento de projetos em que o DE participe.

A avaliação regular da execução dos projetos, terá a finalidade de verificar se a atividade de I&I do DE está a contribuir para os objetivos estratégicos fixados na E2I 21-27 do LNEC, e de refletir sobre (i) as causas e soluções para eventuais desvios relativamente ao planeado, (ii) a evolução do contexto externo em que o E2I 21-27 se insere, e (iii) a procura de parcerias e oportunidades de financiamento para as necessidades de investigação identificadas.

Para o efeito, estão previstas reuniões anuais da CCD para assegurar o acompanhamento das atividades de I&I do DE.

6 | Considerações finais

Este relatório apresenta a Estratégia de Investigação e Inovação do Departamento de Estruturas (DE) do LNEC para o período 2021-2027.

O relatório centra-se em quatro partes essenciais:

1. O resumo das linhas orientadoras da I&I do LNEC para o período referido e descrição do procedimento adotado no Departamento de Estruturas para a construção da estratégia de I&I departamental
2. A apresentação dos programas de investigação e inovação propostos pelo DE
3. A caracterização da estratégia de I&I do DE
4. A apresentação dos procedimentos para o desenvolvimento e acompanhamento da E2I 21-27 DE.

A construção da E2I 21-27 DE seguiu as linhas orientadoras da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC e assentou em três elementos fundamentais: (i) a criação de uma ferramenta informática de apoio visando o seu acompanhamento e das atividades enquadradas no ciclo de investigação anterior (2013-2020), (ii) o balanço dos resultados alcançados em cada linha prioritária de investigação do período anterior e a (iii) discussão no âmbito de reuniões da CCD do DE dos programas de I&I a desenvolver.

Como resultado, o DE propôs a implementação de dez programas de Investigação e Inovação cujos temas principal e secundário maioritários são a *Construção* e a *Economia Circular* e o principal desafio a responder é a *Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído*. Os dez programas de I&I enquadram-se principalmente nas Agendas de intervenção da Estratégia Portugal 2030 designadas de *Transição Climática e sustentabilidade dos recursos* e *Inovação e qualificações como motores do desenvolvimento* e respondem sobretudo a duas Prioridades dessa Estratégia, ou seja, à *Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais* e à *Qualificação das instituições*. Verifica-se ainda que a larga maioria dos programas do DE se enquadra no domínio de intervenção do Horizonte Europa que lida com a *Segurança civil para a sociedade* e no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas *Indústria, inovação e infraestruturas* (ODS9).

Constata-se que seis programas de investigação e inovação do DE integram atualmente projetos de I&I e, simultaneamente, enquadram candidaturas a novos projetos ou propõem temas para projetos a desenvolver até 2027. Quatro programas não possuem atualmente candidaturas associadas.

Cada unidade do DE propôs entre dois e quatro programas de I&I sendo três deles transversais a todas as unidades de I&I do DE. Verifica-se ainda a possibilidade de existir colaboração com todas as Unidades Departamentais do LNEC e com o Centro de Instrumentação Científica (CIC).

Os investigadores do DE participam num número de programas de I&I que varia entre um e sete, sendo a situação mais frequente a participação de um investigador em três programas. Observa-se ainda que

os programas propostos contam com a participação de dois a 14 investigadores do DE, sendo a situação mais frequente a participação de nove investigadores num programa de I&I.

A maioria dos programas de I&I preveem a colaboração de universidades, centros de investigação e associações de carácter científico e a possibilidade de participação de municípios, empresas e institutos públicos dos setores do ambiente, construção, cultura e proteção civil. Alguns dos programas de investigação e inovação preveem a participação de gestores de infraestruturas. São ainda identificadas como potenciais entidades interessadas empresas nacionais dos setores da construção, transportes, obras públicas, ambiente, proteção civil, câmaras municipais, seguros e gestão de infraestruturas, bem como entidades nacionais e internacionais ligadas à investigação.

A caracterização da E2I 2021-2027 termina com algumas considerações sobre os indicadores de execução propostos nesta estratégia, comparando-os com os resultados decorrentes da atividade de investigação de I&I do LNEC para o período de 2013 a 2020.

Por fim, prevê-se que a execução da E2I 21-27 DE seja regularmente monitorizada e ajustada de acordo com o financiamento conseguido em projetos de investigação competitivos, estando prevista a sua avaliação intermédia no segundo semestre de 2024, integrada no acompanhamento da Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC para o período 2021-2027.

Lisboa, LNEC, março de 2023

VISTO

O Conselho Diretivo



Laura Caldeira
Presidente do LNEC

AUTORIA



José Manuel Catarino
Investigador-Coordenador
Diretor do Departamento de Estruturas



Maria Luísa Sousa
Investigadora Auxiliar

Referências bibliográficas

- LNEC, 2015 – **Estratégia de I&D&I 2013-2020 do Departamento de Estruturas do LNEC**. LNEC - Proc. 0301/1311/19674. Relatório 204/2015 – DE/Chefia.
- LNEC, 2022 – **E2I 21-27 Estratégia de Investigação e Inovação do LNEC para o período 2021-2027**. Conselho Diretivo.
- LNEC, 2023 – **Avaliação da atividade de investigação do Departamento de Estruturas do LNEC do período 2013-2020**. LNEC - Proc. 0301/1311/19674, Relatório 2023 – DE/Chefia, em publicação.
- QUAR, 2013 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, março 2014.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2014 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, março 2015.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2015 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, janeiro 2016.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2016 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, março 2017.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2017 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, janeiro 2018.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2018 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, dezembro 2018.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]
- QUAR, 2020 – **Quadro de avaliação e responsabilização**, LNEC, dezembro 2020.
[<https://www.lnec.pt/pt/lnec/instrumentos-de-gestao/>]

ANEXOS

ANEXO I

Temas e desafios e prioridades nacionais e internacionais

Quadro AI.1 – Temas e desafios do LNEC

Tema 1		Construção
Objetivo:	Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído	
Desafios:		
T11	Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural	
T12	Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído	
T13	Mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído	
T14	Comunicação e sensibilização da sociedade para os riscos	
T15	integração dos aspetos sociais, de saúde e da cultura na construção	
Tema 2		Indústria 4.0
Objetivo:	Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão	
Desafios:		
T21	Transição digital na construção, arquitetura, engenharia e operação	
T22	Desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informação para o apoio à decisão	
T23	Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade	
T24	Exploração de <i>Big Data</i> e <i>Data Analytics</i>	
T25	Contribuição para tecnologias emergentes	
Tema 3		Economia circular
Objetivo:	Promoção da sustentabilidade na exploração e reutilização dos recursos naturais e construídos, sobretudo os de valor cultural, fechando ciclos e evitando desperdícios	
Desafios:		
T31	Salvaguarda dos recursos naturais e construídos	
T32	Reutilização de materiais, valorização de resíduos e utilização de produtos reciclados	
T33	Soluções de engenharia sustentáveis	
T34	Mobilidade e cidades inteligentes, sustentáveis e neutras em carbono	
T35	Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão	
Tema 4		Alterações Climáticas
Objetivo:	Exploração e redução de incertezas, gestão de riscos, mitigação e adaptação.	
Desafios:		
T41	Previsão e mitigação das alterações climáticas	
T42	Adaptação e proteção de pessoas, infraestruturas e atividades às alterações climáticas	
T43	Planeamento em contextos de incerteza	
T44	Interação com a sociedade sobre incertezas e riscos	

Quadro AI.2 – Agendas (Ag) e prioridades (P) de intervenção - Estratégia Portugal 2030

Agenda/ Prioridades	Descrição
Ag1	As pessoas primeiro: um melhor equilíbrio demográfico, maior inclusão, menos desigualdade
P11	Sustentabilidade demográfica
P12	Promoção da inclusão e luta contra a exclusão
P13	Resiliência do Sistema de Saúde
P14	Garantia de habitação condigna e acessível
P15	Combate às desigualdades e à discriminação
Ag2	Inovação e qualificações como motores do desenvolvimento
P21	Promoção da sociedade do conhecimento
P22	Digitalização e inovação empresarial
P23	Qualificação dos recursos humanos
P24	Qualificação das instituições
Ag3	Transição Climática e sustentabilidade dos recursos
P31	Descarbonização da sociedade e promoção da transição energética
P32	Promoção da economia circular
P33	Redução dos riscos e valorização dos ativos ambientais
P34	Agricultura e florestas sustentáveis
P35	Economia do Mar sustentável
Ag4	Um País competitivo externamente e coeso internamente
P41	Competitividade das redes urbanas
P42	Competitividade e coesão na baixa densidade
P43	Projeção da faixa atlântica
P44	Inserção territorial no mercado ibérico

Quadro AI.3 – Domínios de intervenção agregados do Pilar 2 «Desafios Globais e Competitividade Industrial» do Horizonte Europa

Agregados	Descrição
A1	Saúde
A2	Cultura, criatividade e sociedade inclusiva
A3	Segurança civil para a sociedade
A4	Digital, indústria e espaço
A5	Clima, energia e mobilidade
A6	Alimentos, bioeconomia, recursos naturais

Quadro AI.4 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas

ODS	Descrição
ODS1	Erradicar a pobreza
ODS2	Erradicar a fome
ODS3	Saúde de qualidade
ODS4	Educação de qualidade todos
ODS5	Igualdade de género
ODS6	Água potável e saneamento
ODS7	Energias renováveis e acessíveis
ODS8	Trabalho digno e crescimento económico
ODS9	Indústria, inovação e infraestruturas
ODS10	Reduzir as desigualdades
ODS11	Cidades e comunidades sustentáveis
ODS12	Produção e consumo sustentáveis
ODS13	Ação climática
ODS14	Proteger a vida marinha
ODS15	Proteger a vida terrestre
ODS16	Paz, justiça e instituições eficazes
ODS17	Parcerias para a implementação dos objetivos

ANEXO II

Programas de investigação e inovação do DE

Programas do DE - E2I 2021-27

nº	1	Programa: Instrumentos de apoio à gestão de obras de arte	Acrónimo: BRIMANT
IR	Luís Oliveira Santos		
resumo	<p>O projeto proposto visa o desenvolvimento de instrumentos de apoio à decisão para utilização no âmbito da gestão de obras de arte. Procura-se explorar novas tecnologias disponíveis para integração nos trabalhos de inspeção de pontes, tendo em vista agilizar esses trabalhos, minimizando os meios a mobilizar e aumentando a eficiência e a eficácia dessas inspeções. Procura-se também desenvolver ferramentas numéricas e experimentais que permitam um melhor conhecimento dos efeitos estruturais das reações expansivas internas em pontes de betão, bem como da eficácia das medidas de mitigação destas reações. Uma terceira vertente do programa visa a quantificação dos efeitos das alterações climáticas no desempenho das pontes e o impacto nos respetivos custos de manutenção, bem como identificar as medidas de adaptação mais adequadas, tendo em consideração os dados climáticos, a projeção dos efeitos dos diversos cenários e a relação custo-benefício das medidas de adaptação. Por fim, pretende-se desenvolver uma metodologia integrada para proceder à análise do ciclo de vida de obras de arte, tendo em consideração a segurança estrutural, mas também os critérios ambiental, económico e social.</p>		
fundamentação	<p>O Mecanismo Interligar a Europa (regulamento 2021/1153 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de julho de 2021) “tem como objetivo acelerar os investimentos no domínio das redes transeuropeias e alavancar financiamento proveniente dos sectores público e privado, reforçando simultaneamente a segurança jurídica e respeitando o princípio da neutralidade tecnológica”, devendo “contribuir igualmente para a ação da União no combate às alterações climáticas e apoiar os projetos ambiental e socialmente sustentáveis, nomeadamente, se for o caso, ações de atenuação das alterações climáticas e de adaptação aos seus efeitos”.</p> <p>É neste contexto que se insere o programa de investigação BRIMANT que visa desenvolver instrumentos de apoio à gestão de obras de arte. As obras de arte constituem pontos particularmente sensíveis de uma rede de transportes terrestres, pelas consequências sociais e económicas decorrentes de restrições à sua utilização. A conservação de obras de arte tem vindo a merecer uma atenção crescente a nível nacional e internacional, face à progressiva consciência dos elevados encargos financeiros a ela associados, resultantes do progressivo envelhecimento das obras de arte, tornando evidente a necessidade de trabalhos de manutenção ou de reabilitação, como forma de aumentar a sua longevidade, minimizar os riscos de acidente e prevenir o desenvolvimento de anomalias. Surgiram assim os designados sistemas de gestão de obras de arte, auxiliando os donos de obra na gestão do seu parque de obras, envolvendo a recolha e armazenamento de informação relativamente ao estado de conservação de cada obra, identificando atempadamente os problemas mais urgentes, permitindo a sua hierarquização e a utilização mais racional dos recursos disponíveis, necessariamente limitados.</p> <p>Os mais importantes donos de obra nacionais têm dedicado, desde o início do século, grande atenção a este assunto, implementando os seus sistemas de gestão de obras de arte. O LNEC tem colaborado com diversos donos de obra na avaliação das suas obras, designadamente a Infraestruturas de Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente e diversas autarquias, colaboração que nos últimos anos se tem alargado aos PALOP. No caso das Infraestruturas de Portugal, o LNEC tem acompanhado a apreciação de procedimentos e de manuais, a realização de inspeções de validação e a elaboração de recomendações para a inspeção de obras de arte especiais.</p> <p>A preocupação relativa à degradação das obras de arte foi agravada nos últimos anos com a identificação de dezenas de obras afetadas por reações expansivas de origem interna, cuja mitigação ainda não está consolidada, persistindo muitas dúvidas sobre a eficácia dos diversos processos utilizados. Uma outra preocupação emergente prende-se com os efeitos das alterações climáticas nas pontes e com a forma mais adequada de proceder à respetiva adaptação.</p> <p>Nestas circunstâncias, identificam-se quatro vertentes em que se afigura relevante o desenvolvimento de instrumentos de apoio à gestão de obras de arte que permitam superar as dificuldades enunciadas:</p>		

- Novas tecnologias para inspeção de pontes
- Caracterização e mitigação dos efeitos estruturais das reações expansivas internas no betão
- Adaptação das pontes às alterações climáticas
- Análise do ciclo de vida de obras de arte

temas e objetivos

Tema 1 - Novas tecnologias para inspeção de pontes e deteção de danos

Esta atividade tem como objetivo explorar novas tecnologias disponíveis com vista à sua integração nos trabalhos de inspeção de pontes. O trabalho será desenvolvido em parceria com entidades especializadas (ou fabricantes) nas tecnologias referidas. Identificam-se três tecnologias que se afiguram promissoras:

- Processamento digital de imagem: com elevado potencial para realizar o mapeamento de anomalias, a sua quantificação, designadamente em relação à fendilhação, e, desta forma, agilizar o acompanhamento da sua evolução.
- Utilização de drones: obtenção de imagens aéreas e subaquáticas, evitando, pelo menos parcialmente, a mobilização de pesados meios de acesso.
- Utilização do Radar de Penetração (GPR) visando a inspeção de cabos de pré-esforço, bem como a deteção de vazios, fraturas ou fendas no betão.

O trabalho iniciar-se-á com a revisão bibliográfica de aplicações genéricas das tecnologias indicadas. Em seguida serão identificadas as potencialidades de cada tecnologia tendo em vista os objetivos definidos. Finalmente serão desenvolvidas aplicações piloto a casos de estudo que permitam demonstrar a efetividade das aplicações.

Tema 2 - Caracterização e mitigação dos efeitos estruturais das reações expansivas internas no betão

O desenvolvimento das reações expansivas internas do betão origina, em determinadas condições, a formação de compostos com características expansivas, que normalmente provocam fendilhação e podem levar à perda acentuada da rigidez e da resistência do betão. O progressivo aumento do número de obras de arte afetadas por estas reações tem gerado preocupações crescentes nos gestores de infraestruturas, pelas suas consequências impactantes, envolvendo elevados custos de reparação ou mesmo a substituição de obras profundamente afetadas. Estas preocupações motivaram a comunidade científica para a realização de diversos estudos visando a prevenção, o diagnóstico, o prognóstico e a mitigação destes fenómenos, bem como o desenvolvimento de esforços para proceder à sua modelação numérica, de forma a prever as consequências estruturais destas reações.

Os estudos realizados através de projetos de investigação nacionais e internacionais permitiram grandes avanços no conhecimento destes fenómenos, o que se reflete em particular no que se refere à prevenção, ao diagnóstico e ao prognóstico. Os trabalhos visando a mitigação destes fenómenos, embora muito significativos, ainda não permitiram estabelecer soluções consolidadas. A situação é mais complexa no que se refere aos efeitos estruturais destas reações. Com efeito, as diversas incertezas associadas às condições ambientais e à interação com o campo de tensões e de deformações em que o betão está integrado, bem como com os diversos fenómenos que afetam as estruturas de betão, tornam difícil a previsão dos efeitos estruturais das reações expansivas, apesar dos muito relevantes trabalhos realizados no domínio da sua modelação em modelos de análise estrutural. Com maioria de razão, estas dificuldades estendem-se à previsão da eficácia das medidas de mitigação.

Esta atividade visa o desenvolvimento de ferramentas numéricas e experimentais que permitam um melhor conhecimento dos efeitos estruturais das reações expansivas internas em pontes de betão, bem como da eficácia das medidas de mitigação destas reações. Para este efeito, para além de uma sistematização geral dos conhecimentos relevantes, esta atividade assume os seguintes objetivos:

- Desenvolvimento de modelos numéricos que permitam interpretar o comportamento das obras de arte afetadas e, conseqüentemente, prever a evolução das anomalias associadas.
- Identificação de técnicas de monitorização estrutural que poderão melhorar a caracterização in situ das condições para a ocorrência das reações expansivas, dos respetivos efeitos estruturais e da eficácia das medidas de mitigação.

- Exploração da informação experimental recolhida pelo LNEC no âmbito da monitorização de diversas obras de arte afetadas por reações expansivas, tendo em vista a validação dos modelos numéricos referidos, a identificação das grandezas cuja monitorização é mais relevante e, com base nos resultados dos ensaios laboratoriais e nos valores medidos in situ, o melhoramento da previsão dos efeitos estruturais das reações expansivas.

Tema 3 - Adaptação das pontes às alterações climáticas

As alterações climáticas, cujo efeito não foi considerado nos códigos de dimensionamento das pontes, podem ter impactos adversos no desempenho operacional, durabilidade e segurança das pontes existentes, vulneráveis a variáveis climáticas tais como temperatura, precipitação, vento e humidade relativa. Devido ao valor económico e social das obras de arte, é importante aumentar a sua resiliência às alterações climáticas, que podem implicar a alteração da conceção das pontes e das suas necessidades de manutenção, pelo que releva verificar o seu desempenho face a essas alterações. A adoção atempada de medidas de adaptação devidamente planeadas poderá permitir uma significativa economia em custos diretos e indiretos.

Assume-se que a integridade das pontes pode ser comprometida por três variáveis climáticas: (i) temperaturas mais elevadas, esperadas nos próximos anos e que podem causar esforços adicionais e deficiente comportamento de aparelhos de apoio e de juntas de dilatação; (ii) aumento da frequência de precipitação intensa, que podem causar inundações e erosão; e (iii) aumento dos níveis de concentração de CO₂ atmosférico e humidade relativa, que podem desencadear carbonatação do betão e aumentar a corrosão. Os cenários de risco de alterações da temperatura, precipitação, humidade relativa e teor de CO₂, abrangidos pelos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), são considerados no processo de previsão da deterioração estrutural e na análise da vulnerabilidade potencial. As estratégias de adaptação são suportadas por uma avaliação do ciclo de vida das pontes deterioradas para considerar as incertezas associadas às alterações climáticas e aos modelos estruturais.

Será realizada uma abordagem de avaliação integrada para a adaptação climática de pontes, assente em três dimensões: (1) dados climáticos, (2) modelação baseada na física, e (3) relação custo-benefício das medidas de adaptação. Esta abordagem inovadora integra as seguintes áreas fundamentais: climatologia, hidrologia, materiais/química, engenharia estrutural, avaliação de riscos e custos do ciclo de vida. Pretende-se, assim, quantificar os efeitos das alterações climáticas na integridade estrutural das pontes, o impacto nos respetivos custos de manutenção e identificar as medidas de adaptação mais adequadas.

Tema 4 - Análise do ciclo de vida de obra de arte

Esta atividade visa desenvolver uma metodologia integrada para proceder à análise do ciclo de vida de obras de arte, que constitua um método auxiliar para a tomada de decisões. Pretende-se desta forma, contribuir para uma solução mais eficiente e sustentável, tendo em consideração a segurança estrutural, mas também os critérios ambiental, económico e social.

Esta metodologia deve permitir a análise comparativa entre várias soluções alternativas com recurso a uma análise multicritério. Para esse efeito será necessária uma abordagem probabilística, que tenha em consideração as diversas incertezas no desempenho estrutural, bem como a condição da obra, decorrente das inspeções visuais, de modo a dispor da informação mais consistente da deterioração da obra ao longo do tempo. A incorporação dos modelos de degradação referidos na tarefa anterior constituirá uma significativa mais-valia. Um outro aspeto fundamental será a identificação de indicadores ambientais, económicos e sociais, de forma a possibilitar a aplicação de algoritmos de otimização às várias soluções alternativas

projetos em curso:

GIIP - Gestão Inteligente de Infra-estruturas Portuárias, projeto financiado pelo FEDER através do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, no âmbito do Portugal 2020, na tipologia "Projetos I&D Empresarial", na modalidade "projetos em copromoção".

projetos propostos:

BridgeAdapt - Adaptation of Concrete Bridges to Climate Change (submetido ao Concurso FCT para Projetos de I&D em Todos os Domínios Científicos - 2022, não financiado). Candidatura liderada pelo LNEC.

NCE NOE NESDE tema p: T11 tema s1: T35 tema s2: T41
 jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd
 lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls
 p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35
 p41 p42 p43 p44
 a1 a2 a3 a4 a5 a6
 ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9
 ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17
 DBB DED DG DHA DM DT CIC setores: NMMR, NGA, NRE, NMM, NBPC, NIT

parceiros ext.

Universidade Gustave Eiffel, Universidade Nova de Lisboa, Universidade Lusófona, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

entid.interessadas

IP, ANA, BRISA

nº	2	Programa: Avaliação, reabilitação e reforço estrutural	Acrónimo: ARRangE
IR	Paulo Xavier Candeias		
resumo	Esta linha de investigação do DE tem por objetivo a avaliação, reabilitação e reforço de estruturas existentes.		
fundamentação	<p>O envelhecimento natural das estruturas, a sua deficiente conservação, a alteração de uso e as ações extremas são situações para as quais a intervenção do DE é solicitada no sentido de avaliar as condições de resistência, segurança e desempenho das estruturas. Esta atividade é frequentemente acompanhada da necessidade de apontar soluções que se traduzam numa efetiva reabilitação e reforço das estruturas existentes.</p> <p>Acresce que face ao objetivo da União Europeia de atingir a neutralidade carbónica até 2050, propõe-se abordar de forma integrada as questões ligadas ao desempenho energético do edificado com a segurança estrutural relacionada com a ação sísmica, a fim de potenciar sinergias entre a adaptação às alterações climáticas e a mitigação do risco sísmico e promover os princípios de economia circular e de resiliência a desastres no sector da construção.</p> <p>Estas são atividades de reconhecida importância e que se revestem de uma complexidade adicional quando comparadas com a realização de estruturas novas. A recolha de informação sobre as estruturas existentes, o seu tratamento estatístico, o conhecimento sobre as práticas construtivas de diferentes épocas, os regulamentos em vigor à data da sua construção, são aspetos essenciais nesta área que não são considerados na conceção e dimensionamento de estruturas novas. Por outro lado, o estabelecimento das relações causa-efeito em estruturas existentes e a redução da sua vulnerabilidade requerem um conhecimento aprofundado do comportamento e capacidade real dos materiais, dos elementos estruturais e das estruturas completas sujeitas às várias solicitações.</p> <p>Este P2I pretende enquadrar as atividades de avaliação, reabilitação e reforço estrutural, que tire partido das valências existentes em termos da capacidade instalada para realizar ensaios sobre materiais, elementos estruturais, subestruturas e estruturas completas, tanto em ambiente de laboratório como em situações reais, ampliando o conhecimento existente.</p> <p>Este P2I incluirá, entre outros aspetos, a reabilitação e o reforço sísmico, o estudo do desempenho de soluções de reforço tradicionais e o desenvolvimento de sistemas inovadores. Considerando que têm sido desenvolvidos, na última década, vários projetos internacionais relativos a técnicas inovadoras de reabilitação integrada sísmica e energética de edifícios, pretende-se estudar as que melhor se adequam à realidade nacional e otimizar de forma criteriosa e fundamentada potenciais intervenções integradas no parque edificado. O programa contemplará ainda a realização de estudos experimentais e de simulações numéricas, e o desenvolvimento de documentos normativos e recomendações para a avaliação, reforço e reabilitação sísmica e energética de estruturas.</p>		
temas e objetivos	<p>Atividade 1: Identificação e caracterização das construções existentes em Portugal em termos dos sistemas estruturais correntes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classificação tipológica dos sistemas estruturais com base nos resultados dos Censos da Habitação: época de construção, tipo de estrutura, número de pisos e estado de conservação e outras variáveis estatísticas que permitam caracterizar as condições de habitabilidade dos alojamentos e o respetivo consumo de energia; - Mapeamento das existências em SIG com resolução ao nível da subsecção estatística; - Acervo de regulamentações/normas/documentos de homologação utilizados na conceção e execução de edifícios existentes e que estabelecem os requisitos aplicáveis à reabilitação de edifícios visando assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético. <p>Atividade 2: Avaliação do comportamento de estruturas e tipologias estruturais</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterização dos materiais, dos elementos estruturais e das ligações (condições de fronteira); - Avaliação da influência de defeitos dos materiais; - Avaliação probabilística do comportamento de ligações estruturais; - Avaliação da influência do estado de conservação das estruturas; 		

- Caracterização do comportamento para ações quase-estáticas e ações dinâmicas;
- Avaliação do impacto de variáveis dependentes do tempo em serviço;
- Avaliação da robustez para ações quase-estáticas e ações dinâmicas.

Atividade 3: Técnicas de reforço estrutural e de reabilitação energética

- Levantamento e identificação das principais técnicas de reforço estrutural para ações quase-estáticas e ações dinâmicas;
- Avaliação da eficácia de técnicas de reforço de elementos e de ligações estruturais;
- Análise crítica das soluções de reforço e reabilitação energética correntes e viabilidade da sua adaptação a Portugal; Análise de soluções integradas.
- Desenvolvimento de sistemas de reforço com materiais sustentáveis e de novas técnicas de reforço estrutural;
- Avaliação dos custos das intervenções de reforço sísmico e de melhoria do desempenho energético e análise de custo benefício para priorização das intervenções.

Atividade 4: Investigação pré-normativa e normativa para apoio à reabilitação estrutural

- Levantamento e análise crítica das regras/recomendações existentes a nível internacional;
- Sistematização da informação existente no LNEC relativa às características dos materiais estruturais, nomeadamente aços e betões, para obter uma metodologia que integre essa informação na avaliação das estruturas tendo em conta, por exemplo, a época de construção e o tipo de estrutura;
- Procedimento para avaliação das características dos materiais estruturais, incorporando o tratamento estatístico da informação existente;
- Elaboração de recomendações/normas/regulamentos/guiões/manuais de apoio à reabilitação estrutural e à reabilitação integrada sísmica e energética.

projetos em curso:

- SEVen
- RESIST2020
- AR-SeismicRC, FCT, 2023-2026
- Health Assessment of structural glued laminated timber members, FCTUC/LNEC, FCT – Programa Doutoral EcoCoRe (em curso desde 2014)

projetos propostos:

- Protimber
- Rehabilitation of timber members with Fibre-Reinforced Polymer (FRP) strips and bars. Performance, durability and sustainability
- PISE#21
- SustainEarth
- N@TRM
- SETES
- VISCO-I9
- Saf3nergy2021
- PISE2022
- SAFEESTOC

NCE NOE NESDE tema p: T11 tema s1: T13 tema s2: T33

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

IP, DGPC, IHRU, SPES, Universidades, Empresas de construção

entid.interessadas

IHRU, PTPC, IP, JRC, CEN

nº	3	Programa: Desenvolvimento e otimização de biomateriais para a construção	Acrónimo: CONSTBIO
IR	Lina Nunes		
resumo	<p>Nesta nova proposta de programa de investigação e inovação, foi dada particular atenção a novos produtos com materiais de origem natural (incluindo produtos híbridos ou compósitos) ou com a inclusão de resíduos. Definiu-se assim uma nova área de trabalho, a "Utilização sustentável de materiais na construção".</p> <p>No sentido de desenvolver capacidades (conhecimento, meios laboratoriais e modelos) que permitam sustentar parcerias na área da otimização e conceção de produtos inovadores à base de biomateriais pretende-se com o presente programa: (a) Desenvolver pelo menos um produto à base de biomateriais (incluindo produtos híbridos ou compósitos) para a indústria de construção; (b) Desenvolver, caracterizar e otimizar, em particular na sua suscetibilidade à degradação biológica, um produto para a construção com adição de bio-resíduos. Para a obtenção dos objetivos anteriores é necessário ainda: (c) Avaliar riscos de degradação biológica in situ para o estudo e desenvolvimento de produtos e processos de tratamento de materiais de origem natural; (d) Desenvolver novos métodos laboratoriais para ensaio da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural. Para este objetivo é necessário desenvolver novos métodos laboratoriais e de campo para ensaio da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural e novas estratégias de proteção baseadas no desenvolvimento de modelos de degradação. Estes modelos de degradação, inicialmente utilizados para madeira, podem ser posteriormente aplicados a outros materiais, nomeadamente em sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS). Pretende-se ainda otimizar produtos existentes no mercado (com possíveis ações de demonstração) numa perspetiva de estímulo ao estabelecimento de parcerias com a indústria. Para atingir os objetivos definidos no âmbito deste projeto, é fundamental a manutenção de parcerias e colaborações que fomentem o trabalho em equipas multidisciplinares, quer a nível nacional, quer em numerosas colaborações internacionais, e continuar a dar oportunidade à participação fundamental dos alunos de mestrado e doutoramento.</p>		
fundamentação	<p>A madeira como outros materiais orgânicos de origem natural, é renovável e com um papel fundamental para o objectivo "carbono zero". No entanto, a sua ação positiva é fortemente dependente da extensão da sua vida útil. É assim fundamental considerar na construção em madeira (ou noutros materiais de origem natural) a sua adequada conservação para que os pressupostos de sustentabilidade sejam conservados. A utilização de madeira na construção deve ter em conta quer a origem da madeira (sempre que possível de florestas com produção sustentada) quer a sua utilização racional. A durabilidade da madeira é neste contexto um factor primordial. O conceito de "preservação de madeira" implicando quase sempre a utilização de compostos químicos, com impactos muito elevados para o homem e principalmente para o ambiente, evoluiu para uma abordagem mais lata em que se fala de "protecção da madeira" com a utilização de estratégias complementares de protecção: projecto adequado de estruturas e componentes (protection by design); utilização de novos produtos de madeira (por exemplo madeira modificada); desenvolvimento de produtos preservadores com melhores características face ao ambiente; desenvolvimento de métodos e produtos de tratamento específicos (target control) melhoria e implementação das estratégias de manutenção de edifícios e estruturas de madeira, que previnam a necessidade de tratamentos curativos; desenvolvimento de técnicas de reforço e/ou consolidação estrutural eficientes; aprofundamento dos conhecimentos sobre o ciclo de vida do material nas suas diferentes utilizações (life cycle assessment) e definição de boas práticas quando atinge o fim de vida. O desenvolvimento recente de novos produtos técnicos de madeira (engineered wood products) permite a utilização de madeira em situações tradicionalmente associadas a outros materiais de maior impacto negativo para o Homem e o Ambiente. Considerando a importância crescente dos factores de eco-eficiência e sustentabilidade na construção, a utilização em revestimentos e isolamentos de placas com base em resíduos e subprodutos é vista de uma forma muito positiva, nomeadamente por contribuir para uma energia incorporada mais baixa. Entenda-se energia incorporada como a energia consumida durante a extracção, processamento e transporte das matérias-primas, na fabricação dos materiais e produtos de construção e utilizada nos vários processos durante a construção e até à demolição do edifício.</p>		

temas e objetivos

No sentido de desenvolver capacidades (conhecimento, meios laboratoriais e modelos) que permitam sustentar parcerias na área da optimização e concepção de produtos inovadores à base de biomateriais pretende-se com o presente programa: (a) Desenvolver pelo menos um produto à base de biomateriais (incluindo produtos híbridos ou compósitos) para a indústria de construção; (b) Desenvolver, caracterizar e otimizar, em particular na sua susceptibilidade à degradação biológica, um produto para a construção com adição de bio-resíduos. Para a obtenção dos objectivos anteriores é necessário ainda: (c) Avaliar riscos de degradação biológica in situ para o estudo e desenvolvimento de produtos e processos de tratamento de materiais de origem natural; (d) Desenvolver novos métodos laboratoriais para ensaio da susceptibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural.

O investigador responsável do projecto tem como domínio de especialização a utilização na construção, do ponto de vista da sua degradação e/ou conservação, de madeira e outros materiais de origem natural ou compósitos. Os seus interesses actuais de investigação estão perfeitamente espelhados no presente projecto.

projetos em curso:

- 2018-2022 WGB Shield - Proteção de fachadas de edifícios na revitalização das cidades. Tripla resistência à água, aos graffiti e à biocolonização em sistemas de isolamento térmico pelo exterior. Financiado pela FCT (PTDC/ECI-EGC/30681/2017)- colaboração com DED/NRI
- 2019-2022 RILEM TC 275-HDB - Hygrothermal behaviour and Durability of Bio-aggregate based building materials
- 2022-2025 RILEM Technical Committee BEC - Bio-stabilised earth-based construction: performance-approach for better resilience
- 2020-2023 FusionPole - Reutilização e melhoria das propriedades de desempenho ao fogo de postes de madeira Financiado pela ANI, I&DT Empresas Copromoção
- 2020-2023 F4F - Forests for future Projeto nº CENTRO-08-5864-FSE-000031 - Promotor líder: SERQ (Sertã, Portugal)
- PhD project. Eleonora Cintura. Development of insulation boards with bio-based waste materials and natural glues NOVA. Financiado pela FCT (programa doutoral EcoCore) (início: 2020)
- PhD project. João Parracha. Durability for sustainability of multilayer rendering systems. ETICS and thermal mortars. IST, Universidade de Lisboa. Financiado pela FCT (início: 2021)
- PhD project. Daniel Lima. Improving the service life performance of Engineered Wood Products. Universidade do Minho. Financiado pelo MIT Portugal. (início: 2022)

projetos propostos:

- ExtendCulturE - NEXt generaTion tEchnologies for preserviNg wooDen CULTURal heritagE (ExtendCulturE) - HORIZON-CL5-2022-D4-02-03 Built4people - Líder Universidade de Liubiana, proposta submetida
- Avaliação da suscetibilidade à degradação biológica de materiais de origem natural; Desenvolvimento de métodos de ensaio face à ação de térmitas (no âmbito do RILEM-BEC)

NCE NOE NESDE tema p: T12 tema s1: T11 tema s2: T32

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext. Universidades nacionais e estrangeiras; Centros de Investigação, Indústria

entid.interessadas Empresas e organismos públicos de construção e reabilitação, CEN, IPQ
ICOMOS Portugal - International Council on Monuments and Sites

nº	4	Programa: Sistemas estruturais e produtos inovadores	Acrónimo: SEPINov
IR	Helena Maria Cruz		
resumo	<p>O programa de investigação SEPINov procura desenvolver, consolidar e sistematizar o conhecimento sobre os requisitos aplicáveis a produtos e sistemas inovadores para a construção de edifícios ou para o reforço estrutural, bem como sobre regras de execução e pormenorização e critérios de avaliação e apreciação desses produtos e sistemas.</p>		
fundamentação	<p>A conjuntura atual tem forçado as empresas nacionais a procurar novos mercados. No caso das indústrias que produzem sistemas industrializados para construção de edifícios leves, kits para realização de paredes ou pavimentos, ou outros produtos prefabricados para a construção, têm sido exploradas novas utilizações, em particular as relacionadas com infraestruturas turísticas ou de apoio ao lazer. Têm, paralelamente, sido procuradas oportunidades no mercado externo, por exemplo africano e sul-americano, especialmente no campo da habitação de custos económicos, e na resposta a situações de emergência.</p> <p>Para muitas dessas situações, o enquadramento regulamentar é diminuto ou inexistente, a informação é escassa e a aplicação de critérios ou exigências em vigor na União Europeia revela-se desajustada. O LNEC poderá desempenhar um papel fundamental no apoio a estas empresas, na identificação das exigências de desempenho aplicáveis / adequadas para cada caso, e na identificação dos riscos associados a utilizações e a condições de exposição menos habituais, designadamente no que se prende com as solicitações, a habitabilidade e a durabilidade. Poderá ainda colaborar de forma determinante no desenvolvimento de novos kits e sistemas de construção adaptados à realidade não europeia, bem como na apreciação técnica e na evidência de desempenho adequado desses produtos e sistemas inovadores, o que poderá constituir uma forte vantagem comercial e uma forma de gerir recursos de forma adequada.</p> <p>Também tem crescido por todo o lado a utilização de madeira na construção de edifícios em altura, nomeadamente com madeira lamelada cruzada (CLT) e madeira-betão, tecnologias que ainda são mal dominadas pelo meio técnico nacional.</p> <p>No que se refere ao reforço de estruturas, novos materiais e novas abordagens têm sido propostos pelo mercado, carecendo de caracterização e avaliação de viabilidade técnica.</p>		
temas e objetivos	<p>Atividade 1: Definição de requisitos de desempenho de kits/sistemas de construção para mercados alternativos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Países não europeus •Construções não convencionais (equipamentos turísticos, apoios de praia, etc) •Abrigos temporário <p>Atividade 2: Critérios de avaliação e apreciação de kits/sistemas de construção</p> <ul style="list-style-type: none"> •Sistemas de construção pré fabricada para estufas •Sistemas de construção pré fabricada para abrigos temporários •Produtos e sistemas inovadore <p>Atividade 3: Regras de execução e pormenorização de construção em madeira</p> <ul style="list-style-type: none"> •Construção leve •Construção em altura (CLT e madeira-betão) <p>Atividade 4: Desenvolvimento e caracterização de produtos inovadores para a construção</p> <ul style="list-style-type: none"> •Materiais e sistemas de reforço estrutural •Reforço de ligações em estruturas de madeira 		

projetos em curso:

- Otimização de um sistema de construção de casas, elaboração de Guia de Aprovação Europeia (EAD)
- Elaboração de um Documento de Aprovação Europeia (ETA) relativos a um sistema de construção de casas com Painéis XXI da Concexec
- Projeto EEA Grants - CircularBuilt

projetos propostos:

- A•Avaliação do desempenho de produtos e sistemas para reforço de ligações aparafusadas em estruturas de madeira – Candidatura apresentada à FCT
- Elaboração de um Documento de Aprovação Europeia (ETA) relativo a painéis para construção de casas – Painéis UnusBuild

NCE NOE NESDE tema p: T12 tema s1: T33 tema s2:

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

indústrias de prefabricação de sistemas, de componentes e de produtos para a construção, universidades

entid.interessadas

empresas, autarquias, ANPC, promotores imobiliários

nº	5	Programa: Investigação pré-normativa no domínio dos Eurocódigos Estruturais	Acrónimo: prEUStruct 2.0
IR	Ana Sofia Louro		
resumo	<p>O presente programa visa promover as atividades de investigação necessárias para o desenvolvimento e implementação da nova geração de Eurocódigos Estruturais, em particular no que se refere à elaboração dos Anexos Nacionais que necessitará de investigação pré-normativa em diversos domínios nos quais o LNEC tem atribuições relevantes, fruto do seu envolvimento na Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT 115 – Eurocódigos Estruturais.</p>		
fundamentação	<p>Este programa de I&I enquadra-se na missão que o LNEC tem de assistir o Governo na prossecução das políticas públicas, exercendo funções de apoio técnico às entidades que constituem a autoridade nos diversos setores da Administração Pública, relativamente à promoção da qualidade e inovação e ao nível da mitigação do risco e promoção da segurança e da resiliência do ambiente construído.</p> <p>Está atualmente em curso o desenvolvimento da Segunda Geração de Eurocódigos Estruturais e prevê-se que, a partir de 2027, venham a fazer parte do Acervo Normativo Nacional novos Eurocódigos, quer seja por adoção das normas europeias quer através da produção das normas nacionais de transposição dos Eurocódigos (versões portuguesas das normas europeias) o que, em qualquer dos casos, implica a elaboração de um Anexo Nacional, no qual são estabelecidas as condições particulares de aplicação em Portugal de cada uma das Partes dos Eurocódigos.</p> <p>Tendo em conta que o acompanhamento do desenvolvimento desta nova geração de Eurocódigos Estruturais e que a elaboração dos Anexos Nacionais carecerá de investigação pré-normativa e sabendo que desde os primórdios dos Eurocódigos, muitos investigadores do LNEC têm estado ligados à atividade de elaboração destes documentos normativos, por via da sua participação como peritos nos grupos de trabalho do CEN/TC 250 ou como vogais da CT 115, este programa de I&I contemplará, entre outros temas, estudos nos domínios da fiabilidade (Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas novas e estruturas existentes), das ações em estruturas (zonamento do território para determinação dos valores das cargas devidas à neve, zonamento do território para quantificação da ação do vento, ações térmicas decorrentes das condições climáticas do território, etc), dos novos materiais e produtos utilizados em betão estrutural (varões nervurados de aço inoxidável ou de FRP, betões com baixa dosagem de ligante e/ou agregados reciclados, etc.) e respetivas disposições construtivas).</p>		
temas e objetivos	<p>De um modo geral o objetivo principal, transversal aos diversos temas propostos, visa essencialmente contribuir para a elaboração dos Anexos Nacionais da nova geração de Eurocódigos Estruturais.</p> <p>Pretende-se igualmente que o programa apoie a implementação da nova geração de normas, através do desenvolvimento de ferramentas que promovam e facilitem a divulgação e a utilização das normas pelo meio técnico nacional.</p> <p>Tema 1) Atualização do Glossário/Terminologia com os termos e definições da Segunda Geração de Eurocódigos Estruturais, a partir da Base de Dados de Terminologia existente no DE e no Glossário preparado pelo Technical Reviewer do TC250</p> <p>Tema 2) Bases para o projeto de estruturas</p> <p>a) Fiabilidade - Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas novas</p> <p>b) Fiabilidade - Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas existentes</p> <p>Tema 3) Ações em estruturas</p> <p>a) Zonamento do território para determinação dos valores das cargas devidas à neve</p> <p>b) Zonamento do território para quantificação da ação do vento</p> <p>c) Ações térmicas decorrentes das condições climáticas do território</p> <p>Tema 4) Estruturas de betão</p> <p>a) Estabelecer os graus de confiança a adotar nos critérios de avaliação de desempenho dos materiais e produtos utilizados em betão estrutural, de modo a assegurar, com um nível de confiança adequado, os valores das suas características utilizados em projeto para a verificação da segurança das estruturas (em estreita articulação com o programa ASSURE).</p>		

b) Condições de utilização de novos materiais (varões nervurados de aço inoxidável ou de FRP, betões com baixa dosagem de ligante e/ou agregados reciclados, etc.) e respetivas disposições construtivas (em estreita articulação com o programa ASSURE).

Tema X) Implementação da segunda geração de Eurocódigos Estruturais

a) Desenvolvimento e divulgação da estratégia de implementação da promover ações de formação para apoiar a transição para a nova geração de Eurocódigos Estruturais

b) Preparação de ferramentas digitais que apoiem a utilização quotidiana das novas normas

c) Organização de ações de formação para promover e apoiar o meio técnico na transição para a nova geração de normas

projetos em curso:

•Segunda geração dos Eurocódigos Estruturais (LNEC e IPQ)

projetos propostos:

•Fiabilidade - Calibração dos coeficientes parciais para a verificação da segurança de estruturas nova e estruturas existentes (a propor no âmbito da CT 115)

•Ações em estruturas (a propor no âmbito da CT 115)

a) Zonamento do território para determinação dos valores das cargas devidas à neve

b) Zonamento do território para quantificação da ação do vento

c) Ações térmicas decorrentes das condições climáticas do território

•Estabelecer os graus de confiança a adotar nos critérios de avaliação de desempenho dos materiais e produtos utilizados em betão estrutural, de modo a assegurar, com um nível de confiança adequado, os valores das suas características utilizados em projeto para a verificação da segurança das estruturas (em estreita articulação com o programa ASSURE)

•Condições de utilização de novos materiais (varões nervurados de aço inoxidável ou de FRP, betões com baixa dosagem de ligante e/ou agregados reciclados, etc.) e respetivas disposições construtivas (em estreita articulação com o programa ASSURE)

NCE NOE NESDE tema p: T12 tema s1: T13 tema s2:

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores: NQC

parceiros ext.

Universidades, IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera

entid.interessadas

Governo, IPQ Instituto Português da Qualidade

nº	6	Programa: Avaliação e mitigação de risco para ações extremas	Acrónimo: ARISCA.ext
IR	Filipe Luís Ribeiro		
resumo	<p>Este programa de investigação visa aumentar a resiliência de centros urbanos e infraestruturas críticas a ações extremas (sismos, incêndios e ventos) contribuindo para a minimização das perdas diretas e indiretas em cenários de catástrofe. Neste programa pretende-se desenvolver metodologias de análise e criar rotinas de cálculo específicas para avaliação de custos diretos e indiretos, associados a edifícios correntes e/ou redes de infraestruturas críticas, como escolas, serviços de emergência e industriais SEVESO. No sentido de mitigar o risco e aumentar a resiliência pretende-se desenvolver metodologias para análises custo-benefício no simulador de avaliação do risco sísmico, bem como desenvolver metodologias de análise de resultados experimentais e de propagação de incertezas para uma melhor caracterização da vulnerabilidade das estruturas e avaliação de risco. Por último, pretende-se colaborar com os vários stakeholders (municípios, SPES, Ordem dos Engenheiros, APPC, entre outros) no sentido de desenvolver modelos de avaliação e certificação sísmica, baseados num conjunto de procedimentos simplificados e expeditos, envolvendo as metodologias definidas para avaliação da segurança sísmica.</p>		
fundamentação	<p>As catástrofes ocorridas nos últimos anos têm demonstrado: (i) a importância da manutenção da operacionalidade de infraestruturas críticas (hospitais, centros de decisão e operação, vias de mobilidade e acesso, comunicações) e da resposta eficiente dos serviços de proteção civil, cujo tempo de resposta e otimização de alocação de recursos dependem dos seus planos de emergência, para os quais contribui, em grande medida, a qualidade dos modelos de previsão; (ii) o impacto económico significativo dos custos indiretos, pós-evento (por exemplo danos nas redes de abastecimento de energia e comunicações, necessidades de realojamento, perdas de aluguer no mercado imobiliário). É pois prioritária um programa de investigação que vise aumentar a resiliência dos centros urbanos e infraestruturas críticas a ações extremas (sismos, incêndios e ventos) contribuindo para a diminuição dos impactos e consequentes perdas económicas, sociais e ambientais em cenários de catástrofe, de forma mais eficiente e sustentável.</p> <p>O simulador de Cenários Sísmicos existente no LNEC, LNECLoss, constitui uma importante ferramenta para a avaliação do Risco Sísmico (avaliar os danos no parque habitacional e nos pontos vitais e as perdas humanas em função de cenários de ocorrência criteriosamente selecionados) e sua mitigação em Portugal podendo ser utilizado, até ao momento, para: (i) o planeamento de emergência e sua gestão, uma vez que opera em tempo real; (ii) o apoio à decisão em estratégias de intervenção sobre o parque construído, permitindo estudar o seu efeito por áreas geográficas, tipo de construção, etc., e assim identificar as estratégias mais eficazes em termos de custo-benefício; (iii) a definição de taxas de prémio de risco sísmico no setor da indústria seguradora. Importa pois materializar estas potencialidades com base em estudos com as entidades externas interessadas, assim como desenvolver investigação no sentido de melhor caracterizar o risco em infraestruturas críticas, tendo em conta o seu funcionamento em rede e, consequentemente, as suas interdependências. A ocorrência de eventos secundários como fogos pós-sismo serão alvo de investigação do ponto de vista da modelação da ação e modelação numérica da resposta, sistematizando os outputs de outros programas de investigação e projetos em curso (HybridNET).</p>		
temas e objetivos	<p>T1: Métodos e ferramentas de simulação de perdas e avaliação de risco</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterização do risco do parque edificado com base nos dados dos CENSOS2021 e de novas curvas de vulnerabilidade e fragilidade de edifícios correntes - Inventariação e caracterização de redes de infraestruturas críticas na área de estudo (AML) - Desenvolvimento de metodologia de avaliação de danos e custos associados em infraestruturas críticas, tendo em conta o efeito das interdependências - Implementação de rotinas de avaliação de danos diretos e indiretos - Melhoramento das ferramentas SIG e integração em plataformas para comunicação com os stakeholders 		

T2: Mitigação do risco com base em técnicas de reforço estrutural, proteção passiva e sistemas de segurança ativos para incêndio

Objetivos:

- Desenvolvimento de novas curvas de vulnerabilidade e fragilidade de edifícios correntes considerando diferentes estratégias de reforço estrutural e proteção contra incêndio
- Colaboração com entidades gestoras de redes de infraestruturas na definição de possíveis intervenções em infraestruturas críticas
- Implementação de rotinas de avaliação de custos de diferentes técnicas de reforço e de ações de socorro e emergência pós-catástrofe

T3: Análises de custo-eficiência e definição de estratégias de mitigação

Objetivos:

- Desenvolvimento de metodologia para análise custo – eficácia e para otimização das intervenções de mitigação do risco, tendo em conta as soluções de reforço e as ações de resposta de emergência pós sismo
- Definição de estratégias de mitigação de risco economicamente sustentáveis e que promovam a competitividade e sustentabilidade das infraestruturas urbanas
- Apoio a entidades gestoras de redes de infraestruturas na definição de possíveis estratégias de intervenção para mitigação do risco

T4: Atualização do simulador de cenários sísmicos do LNEC

- Integração de dados disponibilizados pelos parceiros externos (entre outros), através da criação de ferramentas de interface (como a proposta no projeto INTEGRATE)
- Atualização dos módulos do simulador com os dados, formulações e métodos desenvolvidos e/ou sistematizados nas tarefas anteriores
- Desenvolvimento do simulador no sentido de otimizar o apoio à tomada de decisão por parte dos parceiros externos

projetos em curso:

- CMAmada – Almada Comunidade Resiliente – Estudo de Risco Sísmico – em curso
- Protocolo CMLisboa – ReSist – em curso
- TimQuake – finalizado em Outubro 202

projetos propostos:

- INTEGRATE (FCT 2022) – a recandidatar em 2023
- Wrisk (FCT 2022) – a recandidatar em 2023
- SVSRisk (SEVESO) - a desenvolver em 2023/2024

NCE NOE NESDE tema p: T13 tema s1: T14 tema s2: T35

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

IST, U. Aveiro, IPMA, Câmaras Municipais, SPES

entid.interessadas

ANEPC, Câmaras Municipais, AML, CCDR, DGPC, companhias de seguros, gestoras de redes de infraestruturas

nº	7	Programa: Qualidade de materiais, segurança e robustez estrutural	Acrónimo: ASSUREv2
IR	João Pereira Cabanas Gonçalves André		
resumo	<p>A presente linha de investigação inclui uma análise crítica das metodologias e critérios atualmente utilizados na avaliação e aprovação das características mecânicas de materiais e produtos para a construção, e a sua reformulação com o objectivo de satisfazer os níveis de risco aceitáveis para os fabricantes e para os seus clientes. Esta análise inclui a recolha e tratamento de um grande volume de informação sobre diversos produtos, com diferentes geometrias e classes de resistência, produzidos por um número elevado de fabricantes, ao longo de mais de uma década de controlo da sua produção.</p> <p>Prevê-se igualmente o desenvolvimento e eventual revisão de normas de ensaio e de normas de produto, nomeadamente sobre varões para betão armado em aço inoxidável e em FRP.</p> <p>Pretende-se, através desta linha de investigação, contribuir para a melhoria do conhecimento do desempenho estrutural de edifícios, através do desenvolvimento de modelos avançados e de métodos de análise inovadores para a contabilização de incertezas associadas às características dos materiais, e da estimativa do impacto dos critérios de decisão utilizados no controlo da sua qualidade.</p>		
fundamentação	<p>A avaliação da segurança de estruturas mantém-se uma área de investigação em contínuo desenvolvimento e de interesse relevante, devido às elevadas expectativas da sociedade sobre o desempenho das construções. As metodologias recentemente desenvolvidas permitem reduzir as incertezas associadas às várias fases da referida avaliação, com base num melhor conhecimento dos vários parâmetros que condicionam os seus resultados.</p> <p>Estes parâmetros podem ser de diversos tipos, como as ações e os seus efeitos sobre as estruturas (no caso da ação do fogo, por exemplo), as características dos materiais e dos produtos utilizados na construção, e os modelos de análise adotados para simular o comportamento da estrutura, quantificar a sua resistência e robustez e avaliar a sua vulnerabilidade face a um colapso progressivo.</p>		
temas e objetivos	<p>Atividade 1: Desenvolvimento de critérios de controlo da qualidade de materiais com base no acompanhamento da sua produção</p> <p>Revisão bibliográfica sobre critérios de controlo da qualidade de materiais de construção</p> <p>Recolha e compilação de resultados experimentais sobre as características dos aços para armaduras de betão armado e pré-esforçado obtidos no âmbito da certificação destes produtos</p> <p>Análise estatística da informação experimental recolhida</p> <p>Simulação de diferentes critérios de controlo da qualidade de materiais de construção e análise dos riscos associados</p> <p>Optimização de planos de amostragem para os critérios de controlo de qualidade mais adequados a cada característica em análise</p> <p>Atividade 2: Controlo de qualidade de armaduras para betão armado e pré-esforçado</p> <p>Levantamento e análise das situações de não conformidade detetadas no controlo destes produtos</p> <p>Revisão das atuais especificações LNEC sobre varões para betão armado e pré-esforçado</p> <p>Revisão dos procedimentos da CERTIF</p> <p>Revisão bibliográfica sobre varões em aço inoxidável para betão armado</p> <p>Elaboração de uma especificação sobre varões em aço inoxidável para betão armado</p> <p>Revisão bibliográfica sobre varões em FRP para betão armado</p> <p>Elaboração de uma especificação sobre varões em FRP para betão armado</p> <p>Atividade 3: Comportamento de estruturas sob a ação do fogo</p> <p>Revisão bibliográfica sobre o comportamento da aderência aço-betão sob a acção do fogo</p> <p>Análise da degradação das características de aderência aço-betão em elementos estruturais, após terem sido submetidos à acção do fogo</p> <p>Atividade 4: Segurança e robustez estrutural de edifícios</p> <p>Metodologias de avaliação da segurança de estruturas, nomeadamente quando se utilizam análises não-</p>		

lineares globais
 Estudo de exigências de desempenho em função do risco associado a diferentes tipos de estruturas
 Desenvolvimento de modelos numéricos avançados de estruturas de edifícios, incluindo modelos de aderência aço-betão recentemente desenvolvidos
 Estudo da influência da distribuição das propriedades dos materiais no desempenho estrutural de estruturas existentes ou futuras, considerando as várias fontes de incerteza
 Avaliação do impacto na segurança das estruturas dos critérios de decisão utilizados no controlo da qualidade dos materiais
 Análises comparativas da robustez de diferentes tipologias estruturais quando submetidas a acções regulamentares ou a acções excepcionais
 Estudos sobre a vulnerabilidade de estruturas porticadas face ao colapso progressivo

projetos em curso:

- Definição de requisitos técnicos para centrais fotovoltaicas flutuantes (trabalho para a Agência Portuguesa do Ambiente - APA)
- Análise do projeto de execução da central fotovoltaica flutuante do Alqueva (trabalho para Energias de Portugal – EDP)

projetos propostos:

NCE NOE NESDE tema p: T12 tema s1: T13 tema s2: T23

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

entid.interessadas

Certif, Seguradoras, promotores, indústria, associações internacionais

nº	8	Programa: Metodologias de monitorização da integridade estrutural	Acrónimo: MINERAL
IR	António Paulo Silveira		
resumo	<p>Os sistemas de monitorização da integridade estrutural constituem um importante meio para a deteção e caracterização de anomalias, podendo, no caso dos elementos não se encontrarem visíveis, ou não serem visitáveis, ser o único meio capaz de efetuar o seu despiste.</p> <p>Com o desenvolvimento de novos sistemas de monitorização da integridade estrutural, e com a atualização dos existentes, procura-se otimizar o seu desempenho e a sua relação preço/qualidade, o que implica que sejam desenvolvidas metodologias de tratamento da informação recolhida no âmbito da análise da integridade estrutural. A otimização dos sistemas de monitorização estrutural tem por finalidade maximizar a informação com eles obtida, minimizando os custos envolvidos com a sua instalação e exploração. Neste ponto, a evolução dos equipamentos disponíveis para a aquisição, processamento e transmissão de dados abre novas possibilidades, mas lança novos desafios na definição de sistemas de monitorização da integridade estrutural. Assim, pretende-se com esta atividade adaptar as metodologias existentes para avaliação da condição estrutural aos novos paradigmas e novas arquiteturas associados a estas tecnologias emergentes.</p> <p>O tratamento da informação recolhida para análise da integridade estrutural é levado a cabo, no âmbito da engenharia civil, com recurso a diversas técnicas, mas implica, quase sempre, a realização da análise numérica de estruturas com o objetivo de simular, não só a sua resposta ao conjunto de ações a que são normalmente submetidas, mas também os efeitos decorrentes de anomalias estruturais e avaliar a sua correlação com os dados de monitorização. A necessidade de desenvolver modelos numéricos específicos para cada estrutura e a mão-de-obra necessária à sua análise tornam esta tarefa dispendiosa. No entanto, a utilização de algoritmos de análise de dados, apelidados de técnicas de reconhecimento de padrões, para aferir a segurança de estruturas em tempo real, exibem a grande vantagem de não dependerem do tipo de estrutura analisada e de serem computacionalmente eficientes. Exemplos conhecidos destas técnicas são as redes neuronais artificiais, as máquinas de suporte vetorial e a análise de clusters.</p>		
fundamentação			
temas e objetivos	<p>Atividade 1: Otimização de sistemas de monitorização estrutural Este trabalho iniciar-se-á com a revisão bibliográfica e de casos de estudo sobre otimização de sistemas de monitorização, de modo a escolher as estratégias mais adequadas para fazer a otimização dos sistemas de monitorização. Seguidamente serão desenvolvidos modelos matemáticos e de inteligência artificial adequados a prossecução desta tarefa, adaptando-os aos vários tipos de estruturas observadas, ou que se preveja que venham a ser monitorizadas pelo LNEC. Como resultado final pretende-se obter software que permita a otimização de sistemas de monitorização de forma automática.</p> <p>Atividade 2: Exploração de equipamentos de baixo custo Este trabalho iniciar-se-á com a revisão bibliográfica e de casos de estudo de aplicação dos novos equipamentos à monitorização de estruturas, de modo a definir-se uma matriz de seleção de equipamentos, de protocolos de comunicação e de arquiteturas de rede. Seguidamente efetuar-se-á a aplicação dos novos sistemas de monitorização estrutural e realizar-se-á a análise do seu desempenho, por comparação com os existentes. Por fim procurar-se-á adaptar as metodologias de identificação de dano aos conjuntos de dados gerados por estes novos paradigmas.</p> <p>Atividade 3: Análise da integridade estrutural Este trabalho iniciar-se-á com a revisão bibliográfica da aplicação de metodologias de reconhecimento de</p>		

padrões para identificação de dano.
 A identificação de dano pode dividir-se em, quatro tarefas, designadamente, a extração de informação, a modelação da resposta estrutural, a fusão de dados e a classificação da informação.
 Pretende-se assim desenvolver algoritmos de reconhecimento de padrões, com carácter inovador, no âmbito das quatro tarefas referidas, com o objetivo de aumentar a sensibilidade, a rapidez e a robustez das metodologias de identificação de dano.

projetos em curso:

- Tese de doutoramento Pedro Oliveira. "Controlo da segurança de pontes com base em inteligência artificial aplicada aos efeitos dinâmicos da passagem de veículos"
- Tese de doutoramento Tiago Coelho. "Otimização de sistemas e técnicas de monitorização da integridade estrutural de pontes"
- Apoio à Infraestruturas de Portugal, na gestão do parque de obras de arte

projetos propostos:

NCE NOE NESDE tema p: T22 tema s1: T24 tema s2: T23

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

IP, CEREMA, Universidade Gustave Eiffel

entid.interessadas

IP, ANA, LEA, LEM

nº	9	Programa: Modelação da ação sísmica	Acrónimo: SIGMA
IR	Alexandra Maria Rodrigues de Carvalho		
resumo	<p>Este programa de investigação pretende desenvolver modelos para a obtenção de series temporais verosímeis, que caracterizem a ação sísmica no nosso território.</p> <p>Neste âmbito (i) serão desenvolvidas metodologias de caracterização da ação sísmica a nível regional ou local, incluindo a modelação do sismo-próximo, para as 3 componentes do movimento do solo. Considerar-se-ão metodologias híbridas (estocásticas e determinísticas, de alta e baixa frequência) e o comportamento não linear dos solos. Investigar-se-á a componente vertical do movimento do solo, e a não linearidade da relação H/V em frequência e distância.</p> <p>(ii) proceder-se-á a um estudo exaustivo dos sismos registados na rede acelerográfica nacional, nas regiões do Vale do Tejo e Zona Sul Portuguesa, para a revisão da quantificação dos parâmetros regionais que caracterizam os processos físicos de propagação da energia sísmica, necessários para a calibração do modelo estocástico utilizado para a caracterização da ação sísmica.</p> <p>(iii) Simular-se-ão os movimentos intensos do solo que permitirão criar uma base de dados e um tratamento estatístico para obtenção de leis espectrais de previsão do movimento do solo e, conseqüentemente, a elaboração de mapas de perigosidade sísmica para Portugal Continental e Arquipélago dos Açores que contribuirão para a revisão do mapa regulamentar inserido no anexo nacional do EC8.</p> <p>Este programa pretende, assim, representar de forma credível as características do movimento do solo para um cenário (quer em forma de séries temporais ou valores espectrais) para análise da resposta de uma determinada estrutura para um projeto particular (ex: barragens, viadutos, pontes); contribuir para uma avaliação rigorosa do risco sísmico e para a definição de estratégias para a mitigação do risco sísmico; participar na elaboração do mapa de zonamento regulamentar e em todas as áreas da gestão e planeamento de emergência.</p>		
fundamentação	<p>É indiscutível a necessidade de séries temporais verosímeis quando se pretende a resposta de qualquer estrutura crítica para a engenharia que esteja situada a escassos quilómetros de uma falha ativa ou sujeita a sismos de elevada magnitude ou quando é fundamental análises dinâmicas não lineares da resposta de estruturas, como é o caso dos estudos de segurança sísmica de barragens. Por outro lado, cada vez mais são pedidos, para os ensaios da mesa sísmica, registos sísmicos com componente vertical. É, assim, fundamental, desenvolver modelos e caracterizar os parâmetros correspondentes, para a caracterização da ação sísmica envolvendo a estimativa da intensidade, o conteúdo em frequência, a duração e a variabilidade espacial dos movimentos intensos do solo nas 3 direções xyz.</p> <p>Paralelamente, a revisão e atualização da regulamentação sísmo-resistente existente (Anexo Nacional NP EN 1998-1) está prevista para daqui a dois anos, exigindo a descrição espectral da ação sísmica e mapas de perigosidade sísmica, para o nosso território e para vários periodos de retorno. As metodologias empregues exigem o uso de leis de previsão de movimentos do solo para Portugal, que, na falta de registo na rede aceleografica de sismos de interesse, serão deduzidas a partir de uma base de dados que será construída através do uso do modelo estocástico aprofundado e atualizado no âmbito deste programa de investigação.</p>		
temas e objetivos	<p>TEMA 1. Desenvolvimento do modelo estocástico para a caracterização da ação sísmica</p> <ul style="list-style-type: none"> -Desenvolvimento de modelos numéricos recentes baseados em metodologias híbridas (probabilísticas-determinísticas) , para uma descrição das baixas e altas frequências; -Estudo dos efeitos de sismo-próximo. <p>TEMA 2. Estudo do comportamento não linear dos solos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudo da relação H/V a partir dos registos da rede acelerografica nacional; - Metodologias 2D/3D do comportamento não linear dos solos; <p>TEMA 3 . Obtenção dos parâmetros regionais para calibração do modelo estocástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - análise dos sismos registados na rede acelerográfica nacional, nas regiões do Vale do Tejo e Zona Sul 		

Portuguesa.
 TEMA 4 . Revisão do Anexo Nacional NP EN 1998-1
 - simulação dos movimentos do solo para várias magnitudes e distâncias, permitindo construir uma base de dados de registos sísmicos;
 - desenvolvimento de equações de previsão de movimetos do solo para várias frequências;
 - obtenção de mapas de perigosidade sísmica para Portugal;
 - Novas propostas de caracterização da ação sísmica paraa revisao do EC8 (formas de espectros, parâmetros, etc.).

projetos em curso:

- Tese de mesado Daniela Henriques “Parâmetros espectrais de fonte e de propagação, nas regiões do Vale do Tejo e Zona Sul Portuguesa” (até setembro de 2023)
- Pós doutoramento de Shaghayegh Karim. Estudo do comportamento dos solos no Arquipélago dos Açores. Universidade do Minho
- Revisão do mapa de perigosidade sísmica de Portugal Continental. Anexo Nacional NP EN 1998-1, CT 11
- Avaliação do risco sísmico no Município de Almada

projetos propostos:

NCE NOE NESDE tema p: T13 tema s1: T35 tema s2:

jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd

lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls

p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35

p41 p42 p43 p44

a1 a2 a3 a4 a5 a6

ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9

ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17

DBB DED DG DHA DM DT CIC setores:

parceiros ext.

IPMA, Ualgarve, FCCUL, Uminho

entid.interessadas

Guy Carpenter, Seguradoras, UE, ANEPC, camaras municipais

nº	10	Programa: Modelação do comportamento estrutural	Acrónimo: MEstr
IR	António Araújo Correia		
resumo	<p>Esta linha de investigação pretende desenvolver as metodologias de modelação numérica e física do comportamento estrutural com aplicação às atividades do DE.</p> <p>Serão explorados, desenvolvidos e implementados modelos numéricos avançados para a simulação do comportamento estrutural de estruturas de betão, alvenaria, aço e madeira. De particular interesse é a análise e modelação de diferentes estados limite de dano das várias tipologias e materiais estruturais e as suas capacidades resistentes em forças e deslocamentos.</p> <p>Serão também desenvolvidas e implementadas metodologias de ensaios híbridos (modelação física + numérica) com recurso à subestruturação estática ou dinâmica (ensaios estáticos, pseudo-dinâmicos e dinâmicos em tempo real).</p> <p>Paralelamente, serão feitos desenvolvimentos ligados à atividade experimental, tais como: controlo de sistemas de atuadores e mesas sísmicas; arquivo, organização, exploração e disseminação de resultados experimentais numa base de dados partilhada; ferramentas e metodologias de identificação dinâmica para apoio a ensaios experimentais e in situ e a sistemas de monitorização contínua; aquisição e tratamento de dados experimentais por dispositivos óticos e por processamento de imagem.</p>		
fundamentação	<p>A modelação numérica e física do comportamento estrutural é uma das componentes principais da atividade do DE. É, por isso, muito relevante para a investigação do DE a capacidade de utilizar, desenvolver e implementar as metodologias mais avançadas de modelação, quer numérica quer física.</p> <p>Por outro lado, a análise e exploração de resultados experimentais e numéricos é a principal fonte de informação para a definição de estados limite de dano a utilizar em verificações regulamentares e em avaliações de risco, constituindo uma ponte para outros programas de investigação do DE.</p> <p>Finalmente, o desenvolvimento de técnicas de controlo, utilização de instrumentação moderna e ferramentas de caracterização do comportamento estrutural na atividade experimental é crucial para a manutenção do LNEC como uma instituição laboratorial de ponta no panorama nacional e europeu.</p>		
temas e objetivos	<p>Tema 1: Modelação numérica da resposta estrutural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilização, desenvolvimento e implementação de software avançado para análise de estruturas (e.g. OpenSEES, SeismoStruct, Code_Aster, etc.) - Computação paralela com os recursos da INCD; - Sinergias com atividade experimental (subestruturação, identificação dinâmica e model updating); - Eventual desenvolvimento de plataforma de modelação numérica para serviços ao exterior; - Desenvolvimento e implementação de modelos numéricos avançados para a análise da resposta de estruturas com aplicação às atividades do DE: <ul style="list-style-type: none"> (i) Betão armado (aderência, corte, localização, etc.), alvenaria, aço e madeira; (ii) Interação solo-estrutura; (iii) Análise estocástica e metodologias probabilísticas <p>Tema 2: Modelação física com subestruturação</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterização e controlo da mesa sísmica e enquadramento conceptual dos ensaios com subestruturação; - Implementação dos algoritmos para subestruturação em ensaios com complexidade crescente; - Aplicação de ensaios híbridos em tempo real, nomeadamente a sistemas de dissipadores de energia e a sistemas solo-estrutura e vento-estrutura; - Modelação numérica e comparação com resultados experimentais; - Desenvolvimentos para subestruturas numéricas não lineares; - Sinergias com outras instituições para a realização de ensaios geograficamente distribuídos. <p>Tema 3: Desenvolvimentos ligados à atividade experimental</p> <ul style="list-style-type: none"> - Base de dados experimental, visando: 		

(i) Arquivo e organização dos resultados experimentais, para sua utilização em análises estatísticas e para calibração de modelos numéricos;
 (ii) Disseminação de resultados - visibilidade da atividade desenvolvida;
 - Análise Modal e Model Updating;
 - Metodologias de identificação dinâmica de estruturas para apoio a ensaios in situ, na mesa sísmica e a sistemas de monitorização contínua;
 - Instrumentação por dispositivos óticos e análise por Data Image Correlation.

projetos em curso:

ERIES - Engineering Research Infrastructures for European Synergies, Horizonte Europa, 2022-2026
 HybridNET - Hybrid Simulation Integrated Facility for Real-Time, Multi-Hazard and Geographically-Distributed Testing, FCT, 2021-2024
 AR-SeismicRC, FCT, 2023-2026

projetos propostos:

NCE NOE NESDE tema p: T12 tema s1: T13 tema s2: T23
 jmc hmc nsl amb mlp aps los acc flr smd
 lmn tos mxu fms amc pxc asl jpa aac mls
 p11 p12 p13 p14 p15 p21 p22 p23 p24 p31 p32 p33 p34 p35
 p41 p42 p43 p44
 a1 a2 a3 a4 a5 a6
 ods1 ods2 ods3 ods4 ods5 ods6 ods7 ods8 ods9
 ods10 ods11 ods12 ods13 ods14 ods15 ods16 ods17
 DBB DED DG DHA DM DT CIC setores: NTIEC

parceiros ext.

Universidades, BridgePoint, SeismoSoft, INCD

entid.interessadas

UE, FCT



www.lnec.pt

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