



**1º SIMPÓSIO  
ENGENHARIA CIVIL  
19.05.2021**

# **LIVRO DE ATAS**



**1º SIMPÓSIO  
ENGENHARIA CIVIL**  
19.05.2021

## Editores

Diogo Ribeiro  
Maria da Fátima Portela  
Maria Rosário Oliveira  
Ricardo Santos  
Teresa Neto

## Aviso Legal

A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação. Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer outra forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor. A escrita segundo o novo acordo ortográfico foi opção livre dos autores.

## Ficha Técnica

**Título:** 1º Simpósio Eng<sup>a</sup>, Civil (SEC2021) Livro de Atas

**Publicação:** Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP-IPP)

**Editores:** Diogo Ribeiro, Maria da Fátima Portela, Maria Rosário Oliveira, Ricardo Santos, Teresa Neto

**Design:** ISEP - Gabinete de Design e Imagem

**ISBN:** 978-989-54758-8-9

Porto, maio de 2021

# ÍNDICE

**PREFÁCIO** 14

**ORGANIZAÇÃO** 16

**APOIOS** 20

**TEMA 01**  
**ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS** 22

TRANSIÇÕES URBANAS, UM CONTRIBUTO À DESCARBONIZAÇÃO  
A. Andriolli, L. Silva

DESAFIO PARA A ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO DIMENSIONAMENTO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS  
A. Sarmiento, L. Fernandes, M. Pereira, L. Silva, P. Barreto

AFERIÇÃO DA COTA DE INUNDAÇÃO PLÚVIO-MARÍTIMA, NUM CENÁRIO DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, POSSÍVEIS MEDIDAS DE ATENUAÇÃO. O CASO DE ESTUDO DA MADALENA DO MAR.  
J. Gouveia, S. Lousada

**TEMA 02**  
**APLICAÇÕES EM GEOTECNIA** 32

ESTUDO DO CARREGAMENTO UNIAXIAL DA AREIA DE COIMBRA DE JUSANTE EM CONDIÇÕES DE DEFORMAÇÃO RADIAL NULA  
M. Fonseca, L. Santos, C. Rodrigues

CARACTERIZAÇÃO NO HCA DO COMPORTAMENTO DA AREIA DE HOSTUN  
R. Ramos, L. Santos, P. Coelho

**TEMA 03**  
**CONSTRUÇÃO 4.0, DIGITALIZAÇÃO E METODOLOGIA BIM** 36

APLICAÇÃO DE BIM 7D E REALIDADE AUMENTADA EM FACILITY MANAGEMENT  
A. Pestana

BIM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO NAS AÇÕES DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS  
C. Rangel, A. Guimarães, J. Poças Martins, A. Costa

BIM-BASED LCA OF SEISMIC STRENGTHENING SOLUTIONS FOR REINFORCED CONCRETE PRECAST BUILDINGS  
C. Raposo, F. Rodrigues, H. Rodrigues

GESTÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO COM RECURSO AO BIM  
E. Tavares

A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DA METODOLOGIA LEAN NA DIREÇÃO DE UMA OBRA  
J. Quelhas

ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS DE ESPECIALIDADES COM RECURSO AO BIM  
R. Simões, J. Hormigo

METODOLOGIA BIM APLICADA A GESTÃO DE ATIVOS  
S. João, J. Hormigo, M.J. Falcão, P. Couto

APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL EM COORDENAÇÃO DE PROJETO DE ENGENHARIA CIVIL  
L. Sousa, D. Ribeiro, R. Gavina

#### **TEMA 04 ESTRUTURAS, SEGURANÇA E ENGENHARIA SÍSMICA**

**54**

AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS NO CONTEXTO DA NP EN 1998-3:2017  
B. Tomás, J. Estêvão

ESTUDO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA PONTE MILITAR  
MABEY & JOHNSON - SOLUÇÕES PARA AUMENTAR A CAPACIDADE  
DE CARGA E O COMPRIMENTO DE MONTAGEM  
E. Osório, J. Pedro, P. Matias

STRUCTURAL DESIGN OF TRANSFER STRUCTURE  
G. Ribeiro, J. Almeida, P. Lobo

AVALIAÇÃO SÍSMICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES SEGUNDO O EUROCÓDIGO 8 COM VISTA  
À REABILITAÇÃO - SISTEMATIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS E APLICAÇÃO  
L. Carvalho, A. Arêde, A. Furtado

FUNDAÇÕES INDIRETAS DE PONTES MODULARES  
- SOLUÇÕES DE EXECUÇÃO ACELERADA  
M. Passos, A. Pinto, A. André

AVALIAÇÃO DA COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA EM OBRA  
- CASO DE ESTUDO  
M. Souza, C. Oliveira, J. Ferreira da Silva

FLAT SLABS WITH DIFFERENT LONGITUDINAL REINFORCEMENT RATIOS  
UNDER HORIZONTAL CYCLIC LOADING  
M. Rossi, B. Isufi, A. Pinho Ramos

VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR PEÕES EM ESCADAS METÁLICAS  
P. Andrade, J. Santos, P. Escórcio

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO SUJEITAS  
A VIBRAÇÕES PROVOCADAS POR DESMONTE DO MACIÇO ROCHOSO  
COM RECURSO A EXPLOSIVO  
R. Fonseca, J. Gomes, J. Lemos, R. Resende

COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE BETÃO ECO-EFICIENTES  
E DE ULTRA-ELEVADA DURABILIDADE  
R. Martins, R. do Carmo, H. Costa, E. Júlio

COMPORTAMENTO DE FACHADAS ENVIDRAÇADAS SOB A AÇÃO  
DE EXPLOSÕES - DESENVOLVIMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE PROTEÇÃO  
R. Rita, J. Pedro, P. Matias

PROJETO DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES DE UM PAVILHÃO MULTIUSOS  
R. Vasques, A. Gião

A SEGURANÇA NA OBRA DE REABILITAÇÃO DA PONTE DE CAVEZ SOBRE O RIO TÂMEGA  
F. Meretti, C. Reis, J. Baptista

#### **TEMA 05 GESTÃO DE ATIVOS E RISCO NA CONSTRUÇÃO**

**82**

RISCOS DECORRENTES DO AMIANTO EM CONTEXTO DE TRABALHO  
C. Pinto, C. Oliveira, J. Ferreira Silva

SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS - TÚNEL DE ADUÇÃO DE GOUVÃES  
H. Ribeiro, C. Reis

GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NA OBRA DA MINA DE MATEUS  
H. Cunha, C. Reis, T. Pinto

GESTÃO DE ATIVOS APLICADA A INFRAESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA  
J. Soares, L. Ramos, J. Gabriel Silva

ESTUDO DOS ACIDENTES DE TRABALHO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL  
P. Bastos

#### **TEMA 06 INDUSTRIALIZAÇÃO E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS**

**94**

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE LIGAÇÕES PILAR-PILAR EM BETÃO PRÉ-FABRICADO  
D. Martins, V. Lúcio, S. Souza

RECONHECIMENTO DE PADRÕES ESTRUTURAIS E CONSTRUTIVOS  
NAS PONTES DA CASA EIFFEL  
N. Nunes, E. Figueiredo

**TEMA 07**  
**INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES**  
**(RODOVIA, FERROVIA, PORTOS E AEROPORTOS)**

**100**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA INFRAESTRUTURA PEDONAL PARA PROMOÇÃO DA MOBILIDADE SUAVE EM CIDADES DE ENCOSTA  
A. Nogueira, B. Santos, J. Gonçalves

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE COMBOIOS NA PONTE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE SOBRE O RIO VOLGA SOB AÇÃO DE VENTOS LATERAIS EXTREMOS  
D. Barbosa, P. Montenegro, R. Calçada

CONTRIBUIÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO MACOPAV NA CONCEPÇÃO EXPEDITA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXÍVEIS  
E. Ferreira, M. Minhoto

AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE PONTES EM BETÃO DA REDE VIÁRIA NACIONAL SUJEITAS AO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS MILITARES  
E. Filipe, A. Costa, P. Matias

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE AUTORREGENERAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS COM REJUVENESCEDORES ENCAPSULADOS  
G. Pereira, R. Micaelo, A. C. Freire

VALIDAÇÃO DE UM MÉTODO INDIRETO DE AUSCULTAÇÃO DE DEGRADAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS  
I. Feitosa, B. Santos, P. Almeida

CONCEÇÃO DE REDES RODOVIÁRIAS EM ZONAS DE 30 KM/H  
J. Ferreira, S. Gomes, S. Fontul

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MISTURAS BETUMINOSAS DO TIPO STONE MASTIC ASPHALT, INCORPORANDO FIBRAS CELULÓSICAS REVESTIDAS COM CERA POLIOLEFÍNICA  
P. Salvador, L. Quaresma

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE MOBILIDADE EM AMBIENTES URBANOS  
C. Lima, M. Minhoto, J. Vaz, F. Dácio de Almeida

SIMULAÇÃO DO GALGAMENTO EM QUEBRA-MARES UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO SWASH  
J. Gomes, J. Santos

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS  
N. Tomaz, C. Reis, J. Correia

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DOS REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS NO SEU DESEMPENHO  
L. Silva, H. Silva

**TEMA 08**  
**INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS**

**126**

CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA NAS PROXIMIDADES DO QUEBRA-MAR NORTE DO PORTO DE PENICHE  
A. Gomes, P. Coelho, J. A. Santos

QUANTIFICAÇÃO DA AFLUÊNCIA INDEVIDA DE ÁGUAS PLUVIAIS ÀS ETAR  
D. Silva, C. Vieira, C. Matos, I. Bentes

AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM BASE NA GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS CASO DE ESTUDO DA QUINTA DO LAGO  
J. Caetano, R. Lança

SISTEMAS VERDES DE DRENAGEM URBANA: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE CANTEIROS DE BIOFILTRAÇÃO  
J. Oliveira

ANÁLISE DO RISCO DE CHEIAS NOS CONCELHOS DO FUNCHAL, MACHICO, RIBEIRA BRAVA E SÃO VICENTE - APLICAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO  
L. Gonçalves, S. Lousada

IMPLEMENTATION OF PUMP-AS-TURBINES AS ENERGY RECOVERY SOLUTIONS WITHIN WATER DISTRIBUTION AND SUPPLY SYSTEMS  
M. Perdigão

**TEMA 09**  
**INOVAÇÃO E TENDÊNCIAS FUTURAS**

**141**

DESIGN OF S690 SLENDER PLATE I-GIRDERS UNDER COMBINED SHEAR, BENDING AND COMPRESSION  
H. Afonso

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA COM PROPÓSITOS SUSTENTÁVEIS-CASO DE ESTUDO  
L. Pereira, P. Delgado, A. Curado

TOWARDS THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT OPTIMIZATION SYSTEMS FOR PROCESS MANAGEMENT IN PAVEMENT REHABILITATION  
M. Amândio, J. Neves, M. Parente

LABORATORY TESTS ON STRUCTURAL GLASS SLABS: A COMPARATIVE STUDY WITH INTERNATIONAL STANDARDS  
P. Bonilha, R. Camposinhos, A. Junior, D. Ribeiro

OBTENÇÃO DE CAUDAL ATRAVÉS DE TRATAMENTO DE IMAGEM  
R. Santos, J. Fernandes

REFORÇO DE PONTES MODULARES DO TIPO BAILEY COM RECURSO A SISTEMAS DE PRÉ-ESFORÇO  
T. Ramos, J. Almeida, A. André

**TEMA 10**  
**MONITORIZAÇÃO, INSPEÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO**

**154**

TERMOGRAFIA RADIOMÉTRICA PARA DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES  
A. Paz, E. Figueiredo

MEDIÇÃO DA DEFORMAÇÃO EM MATERIAIS METÁLICOS  
ATRAVÉS DE SISTEMAS DE VISÃO  
D. Valente, J. Valença, E. Cavaco

INSPEÇÃO DE FACHADAS COM RECURSO À TERMOGRAFIA  
DE INFRAVERMELHOS - CASO DE ESTUDO EM VISEU  
F. Cerveira, R. Almeida, J. Mendes Silva

INSPEÇÃO TÉCNICA DE CONSTRUÇÕES COM RECURSO A DRONES  
CASOS DE ESTUDO  
J. Miraldes, J. Lanzinha, J. Falorca

APPLICATION AND REMOVAL OF GRAFFITI ON ETICS:  
INFLUENCE ON THEIR WATER TRANSPORT PROPERTIES  
J. Feltes

MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS COM APOIO  
DE TECNOLOGIA VÍDEO E VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO  
R. Cabral, D. Ribeiro, R. Santos, J. Gabriel

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DAS DELEGACIAS DE POLÍCIA CIVIL  
DA SECRETARIA DE ESTADO SEGURANÇA PÚBLICA EM SÃO LUÍS - MARANHÃO - BRASIL  
V. Lopes, M. Leão

**TEMA 11**  
**PLANEAMENTO TERRITORIAL E URBANO**

**170**

ANÁLISE DO RISCO DE CHEIAS NAS RIBEIRAS DO CONCELHO DO FUNCHA  
- DO PLANEAMENTO À AÇÃO  
A. Moura, S. Lousada

**TEMA 12**  
**QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**174**

APLICAÇÃO DE MODELO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE NA HABITAÇÃO  
T. Silva, J. Lanzinha

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS  
NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO  
E. Maia, T. Neto

ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO - EDIFÍCIO DE ENGENHARIA CIVIL  
DA UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
F. Gonçalves, F. Farinha

EDIFÍCIO COM CONSUMO DE ENERGIAS NULAS. CASO ESTUDO  
- "ECO-POWER ZERO RÉSIDENCE"  
J. Rio, F. Farinha, E. Almeida

MODELOS COMPUTACIONAIS APLICADOS À PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DE ETICS  
J. Tavares, J. Brito, A. Silva

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NA PERSPETIVA DA CERTIFICAÇÃO BREEAM  
NA CONSTRUÇÃO - PROPOSTA DE METODOLOGIA  
M. Rodrigues

INFRAESTRUTURAS VERDES - IMPACTOS EM MEIO URBANO  
M. Martins

REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIO COM NECESSIDADES  
DE ENERGIA NULAS OU QUASE NULAS - CASO DE ESTUDO  
N. Pardal, José Coimbra

OTIMIZAÇÃO DE MODELOS PARAMÉTRICOS NA DETERMINAÇÃO  
DA VULNERABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À POLUIÇÃO  
R. Marques, F. Pacheco, L. Fernandes

DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO NO CONTEXTO DAS INFRAESTRUTURAS  
E SUA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL - CASO DE ESTUDO EM CASTELO BRANCO  
B. Patrocínio, A. Dias, T. Albuquerque, C. Santos

**TEMA 13**  
**REABILITAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO**

198

MELHORIA DA QUALIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

A. Mendonça, A. Paiva, J. Mendes da Silva, C. Dominguez

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREDIAL EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS: CASO DE ESTUDO

A. Lima, A. Paiva

INSPEÇÃO E REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR DA DÉCADA DE 60 EM COVILHÃ

I. Marcelino, J. Lanzinha

INSPEÇÃO, AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PONTES METÁLICAS

M. Marques, F. Virtuoso, A. Gomes

GESTÃO DE OBRAS DE ARTE SOB TUTELA MUNICIPAL ESTUDO DE PONTES EM ALVENARIA DE UM MUNICÍPIO

M. Sousa, J. Almeida, C. Costa

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE TUBAGENS EM MATERIAL COMPÓSITO NA REABILITAÇÃO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS E AGRÍCOLAS

M. Santos

ESCADARIA LIVRARIA LELLO - INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO ESTRUTURAL

N. Monteiro, A. Costa

USE OF WET-MIX SHOTCRETE IN THE REPAIR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES. CASE STUDY OF A REHABILITATION WORK IN A MARINE ENVIRONMENT

P. Fazenda

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DE UM ARCO EM ALVENARIA DE PEDRA UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS

P. Silva, C. Cismaşiu, J. Lemos

MASONRY ARCH STRENGTHENING WITH CFRP AND STAINLESS STEEL USING CONTINUOUS REINFORCEMENT EMBEDDED AT ENDS

R. Ribeiro, C. Chastre, H. Biscaia

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS - FLUXO DE MATERIAIS

R. Queirós

PATOLOGIAS DE EDIFÍCIOS TOMBADOS: REABILITAÇÃO DO CONVENTO DAS MERCÊS

W. Carvalho, J. Almeida

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO DE UMA HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR PELO MÉTODO DE FRIM

A. Pires, C. Santos

RENASCER O ADOBE EM TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

T. Ferreira, J. Pinto, C. Reis

**TEMA 14**  
**RECICLAGEM, VALORIZAÇÃO E NOVOS MATERIAIS**

228

ECONOMIA CIRCULAR E ANÁLISE WATER PINCH APLICADAS A UM CASO DE ESTUDO DA INDÚSTRIA ALIMENTAR

A. Lima, T. Abreu, S. Figueiredo

RECICLAGEM TOTAL DE MISTURAS BETUMINOSAS USANDO ÓLEO ALIMENTAR USADO COMO REJUVENESCEDOR E RESÍDUOS DE PLÁSTICO

C. Rodrigues, S. Capitão, L. Picado-Santos

MAXIMISING THE USE OF WASTE IN CONSTRUCTION MATERIALS - INVESTIGATION ON RECYCLED BITUMINOUS MIXTURES WITH HIGH-CONTENT RECLAIMED ASPHALT

C. Santos, J. Neves, A. C. Freire, V. Antunes

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA CASCA DE PINHEIRO COMO AGREGADO EM ELEMENTOS DE BETÃO LEVE

C. Fernandes, J. Pinto, A. Briga-Sá

RECICLAGEM DE ESCÓRIA E CINZA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO PRESURSORES EM CIMENTOS ALCALINOS

L. Segadães, N. Cristelo

ADIÇÃO DE MATERIAL RECICLADO - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO BETÃO E DO SOLO-CIMENTO

B. Oliveira, S. Carronda, C. Santos

NANOCRISTAIS DE CELULOSE INSERIDOS NA COMPOSIÇÃO DA ARGAMASSA

I. Josué, C. Santos

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO BETÃO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

J. Baltazar, C. Santos

**PROGRAMA DO EVENTO**

**246**

**PRÉMIOS ATRIBUÍDOS**

**247**

**APÊNDICE DE FOTOGRAFIAS**

**248**

## CONTRIBUIÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO MACOPAV NA CONCEPÇÃO EXPEDITA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXÍVEIS

E. Ferreira<sup>1</sup>, M. Minhoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Msc Engenharia da Construção ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança. eduardo\_bnf@hotmail.com

<sup>2</sup> Construções Cívicas e Planeamento. ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança. minhoto@ipb.pt

**Palavras-chave:** Pavimentos rodoviários flexíveis, Dimensionamento; MACOPAV; Métodos Expeditos.

**07. Infraestruturas de transportes (rodovia, ferrovia, portos e aeroportos).**

**Vídeo**

### OBJETIVO

Os sistemas de transporte apresentam uma grande importância no crescimento económico das nações, pois o seu maior objetivo é o de promover o movimento de pessoas e mercadorias com segurança, economia e conforto, visando aumentar a atividade económica e o desenvolvimento [1]. Neste contexto surge uma constante necessidade de promover a melhoria da qualidade das rodovias e a consequente ampliação do conjunto de infraestruturas de transportes. Desta maneira, pretende-se com este trabalho efetuar uma análise detalhada do método simplificado e expedito proposto pelas Infraestruturas de Portugal (ex-JAE) (1995), denominado como MACOPAV, propondo o refinamento das soluções atualmente enquadradas naquele método, por comparação ao método empírico-mecanicista da SHELL (1978), com a finalidade de estabelecer uma melhor relação entre as variáveis utilizadas no MACOPAV e apresentar estruturas otimizadas e bem caracterizadas em termos de espessuras e composição das respectivas camadas.

### METODOLOGIA

Para este estudo, foram realizadas diversas abordagens e análises detalhadas a partir do método empírico-mecanicista proposto pela SHELL (1978) com a finalidade de estabelecer uma melhor relação entre as variáveis utilizadas e as soluções obtidas pelo MACOPAV, utilizando como parâmetro principal de avaliação, a vida útil do pavimento, expressa em número de eixos-padrão (NEP) para as diferentes espessuras e materiais propostos pelo manual. As avaliações do comportamento das diversas estruturas-solução são realizadas a partir de simulações obtidas no *software* Jpav 1.1, através do cálculo das extensões de compressão no topo do leito do pavimento e da extensão de tração nas camadas betuminosas (adimensional) e posterior classificação dos modos de ruína, sendo eles: deformação permanente e fendilhamento por fadiga.

### ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir deste estudo é possível concluir que o comportamento das estruturas de pavimentos flexíveis é dependente de uma série de fatores que atuam em cadeia, fato pelo qual se torna complexo avaliar a integridade das estruturas ao longo de sua vida útil.

Para compor os resultados finais, foram avaliadas e selecionadas as soluções estruturais otimizadas, em termos de melhor desempenho estrutural e as opções mais económicas, para cada caso de dimensionamento abordado no MACOPAV, como pode ser analisado na Tabela 1. Os resultados também são apresentados em forma de catálogo de estruturas para facilitar a interpretação das soluções encontradas. Devido a grande quantidade de simulações realizadas, adotou-se uma nomenclatura padrão de identificação baseada em três critérios de dimensionamento do MACOPAV: Classe de Tráfego "T", Classe de Fundação "F" e Ábaco de Dimensionamento "A". Desta maneira, a nomenclatura geral é representada por "TiFjAk". Os índices "i", "j" e "k" representam números de identificação das variáveis do manual, no qual:  $[1 \leq i \leq 6]$ ;  $[1 \leq j \leq 4]$ ;  $[1 \leq k \leq 3]$ . Ao final da nomenclatura são acrescentados caracteres compreendidos de "a" a "zzz" para ordenar as soluções.

**Tabela 1.** Síntese dos resultados dos dimensionamentos [2].

Classe de Tráfego	Classe de Fundação	Estrutura mais resistente			Estrutura com melhor custo- benefício		
		Nome da Estrutura	Preço (€/m <sup>2</sup> )	NEP	Nome da Estrutura	Preço (€/m <sup>2</sup> )	NEP
T1	F2	T1F2A3a	36,55	1,49E+08	T1F2A3tt	31,59	1,46E+08
	F3	T1F3A3a	31,75	1,59E+08	T1F3A3jj	27,10	1,59E+08
	F4	T1F4A1a	37,05	1,19E+08	T1F4A1tt	32,09	1,19E+08
T2	F2	T2F2A3a	34,15	1,08E+08	T2F2A3tt	32,29	1,07E+08
	F3	T2F3A3a	29,35	1,13E+08	T2F3A3ll	27,80	1,13E+08
	F4	T2F4A1a	34,65	7,03E+07	T2F4A1jj	30,00	6,82E+07
T3	F2	T3F2A3a	30,55	6,46E+07	T3F2A3zz	29,00	6,43E+07
	F3	T3F3A3a	25,74	6,75E+07	T3F3A3bb	24,20	6,60E+07
	F4	T3F4A1a	32,25	5,61E+07	T3F4A1pp	30,70	5,59E+07
T4	F2	T4F2A3a	26,95	3,76E+05	T4F2A3bb	25,40	3,75E+07
	F3	T4F3A3a	22,15	3,71E+07	T4F3A3aa	22,15	3,71E+07
	F4	T4F4A2a	28,64	1,76E+07	T4F4A2bb	25,55	1,74E+07
T5	F2	T5F2A3a	22,15	1,73E+07	T5F2A3aa	22,15	1,73E+07
	F3	T5F3A3a	17,35	1,68E+07	T5F3A3bb	14,87	1,65E+07
	F4	T5F4A1a	25,05	7,03E+06	T5F4A1aa	25,05	7,03E+06
T6	F2	T6F2A3a	17,35	9,57E+06	T6F2A3bb	14,87	9,41E+06
	F3	T6F3A3a	10,99	7,18E+06	T6F3A3aa	10,99	7,18E+06
	F4	T6F4A1a	15,99	2,26E+06	T6F4A1aa	15,99	2,26E+06

### CONCLUSÕES

No âmbito dum trabalho de dissertação, desenvolveu-se uma contribuição para um melhor entendimento do comportamento das estruturas de pavimentos flexíveis dimensionadas a partir do método expedito MACOPAV, além de contribuir com a obtenção de soluções estruturais de pavimentos mais detalhadas, em termos de espessuras, a partir das que são preconizadas pelo manual, de forma a melhorar a interpretação e tomada de decisão em situações práticas da sua utilização. Sendo assim, os resultados expostos no trabalho [2], em formato de catálogo de soluções, permitem a possibilidade de encontrar estruturas mais refinadas para cada dimensionamento, proporcionando uma economia de materiais e uma otimização da vida útil de projeto.

### REFERÊNCIAS

- [1] Zanchetta, F. **Aquisição de Dados Sobre a Condição dos Pavimentos Visando a Implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2005.
- [2] Ferreira, E. **Contribuição para a Aplicação do MACOPAV na Concepção Expedita de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança. 2019.
- [3] Picado-Santos, L. **Método de Dimensionamento da SHELL para Pavimentos Rodoviários Flexíveis (adaptação às condições portuguesas)**. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra. 1993.