

Mestrado em Engenharia Civil

Dissertação

Projeto

Estágio

Anuário 2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Politécnico do Porto

Ficha técnica

Título: Mestrado em Engenharia Civil: Dissertação, Projeto, Estágio. Anuário 2017

Autores: vários

Editores: Carlos Félix, Tiago Abreu, Ângelo Jacob, José Filinto Trigo, José Pinto-Faria.

Edição: Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto

© 2018 Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Data de publicação: Dezembro 2018

Composição gráfica: Carlos Felix

ISBN 978-989-54236-1-3

[dec@isep.ipp.pt](mailto:dec@isep.ipp.pt)

# ÍNDICE GERAL

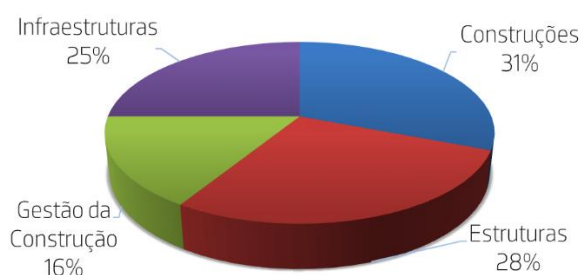
Índice Geral.....	i
Preâmbulo.....	iii
Agradecimentos.....	v
Índice dos Trabalhos.....	vii
Construções.....	1
Estruturas.....	25
Gestão da Construção.....	47
Infraestruturas.....	61
<i>In memoriam</i> – Pestana da Silva.....	81
Índice de Autores.....	87





# PREÂMBULO

Reúne-se, na presente publicação, os resumos dos trabalhos da unidade curricular de Dissertação, Projeto, Estágio (DIPRE) do Mestrado em Engenharia Civil (MEC) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), na sua edição de 2016/2017, organizados segundo as áreas de especialização em que se organiza o MEC, nomeadamente, Construções, Estruturas, Gestão da Construção e Infraestruturas, seguindo a ordem alfabética dos seus autores. Os correspondentes textos integrais, dos sessenta e oito trabalhos que constituem o presente Anuário 2017, estão disponíveis em <http://recipp.ipp.pt/>.



Distribuição de trabalhos de DIPRE por área de especialização.

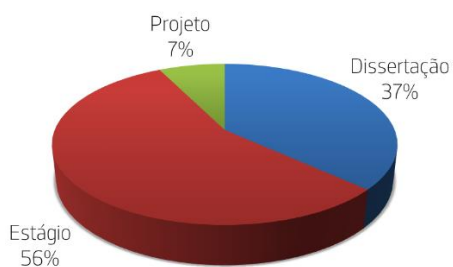
Este ano letivo de 2016/2017 foi um ano em que foi reforçada a aposta nos estágios, consubstanciada, entre outras iniciativas, na organização do 1º Fórum Empresas DEC-ISEP, que decorreu no dia 12 de outubro de 2016, no Centro de Congressos do ISEP. De facto, o Departamento de Engenharia Civil (DEC) tem vindo a estabelecer parcerias com empresas selecionadas dos setores da construção, do projeto e da gestão da construção, constituindo a designada Bolsa de Empresas do DEC. É no seio destas empresas que têm sido acolhidos os estudantes do MEC, para o desenvolvimento do estágio curricular, numa parceria que se considera da maior importância e que se procura valorizar.

Com o 1º Fórum Empresas DEC-ISEP, procurou-se aprofundar os laços estabelecidos com o tecido empresarial, trocar experiências de estágios anteriores e preparar a edição de estágios do MEC 2016/2017.

No decorrer do 1º Fórum Empresas DEC-ISEP, um conjunto diversificado de empresas, em sessões paralelas, tiveram a oportunidade de se apresentar aos estudantes do MEC e de expor os seus projetos de estágio, tendo em vista a captação dos estudantes mais motivados e com o perfil mais adequado. Numa sessão plenária houve lugar ao testemunho de diplomados, que em edições anteriores optaram, com sucesso, pela realização de estágio. Nesta sessão foi ainda apresentada a visão da Direção dos Recursos Humanos da Mota-Engil, sobre as competências valorizadas em processos de recrutamento de jovens diplomados, e dada a perspetiva da AICCOPN, sobre o atual momento do setor da construção.

Porventura, em resultado deste esforço, na presente edição de DIPRE, mais de metade (cerca de 56%) correspondem a relatórios de estágio, desenvolvidos em ambiente empresarial. As dissertações tiveram a preferência de 37% dos estudantes, enquanto apenas 7% optou pelo desenvolvimento de um projeto.

## PREÂMBULO



Distribuição de trabalhos de DIPRE por tipologia.

Este foi também um ano de recolha de dados relativos ao desempenho do MEC, através da realização de inquéritos endereçados aos estudantes, aos diplomados e às entidades empregadoras. Das respostas recolhidas, é de realçar a elevada taxa de empregabilidade, o tempo que decorre desde que os estudantes concluem a sua formação até encontrarem o emprego (a grande maioria demorou menos de 6 meses) e a afinidade entre a atividade desenvolvida e a formação no MEC. No que diz respeito à avaliação das competências profissionais e à formação académica dos diplomados do MEC, as entidades empregadoras respondem, na sua maioria, que os diplomados do MEC-ISEP têm uma formação académica adequada à realidade profissional, com uma reconhecida formação prática, e são unânimes ao afirmar a sua competência no exercício das funções que lhes são atribuídas.

Ciente da importância do papel que a engenharia civil assume no desenvolvimento nacional, o MEC promoveu o III Encontro Grandes Desafios da Engenharia Civil, no dia 19 de abril de 2017, subordinado ao tema Soluções Inteligentes na Engenharia Civil. Os desenvolvimentos mais recentes de equipamentos, como sensores, unidades de aquisição e de processamento de dados, e os avanços experimentados pelos automatismos e pelas redes de comunicação têm permitido, nas mais diversas áreas da engenharia civil, viabilizar aquilo que podem ser designadas por soluções inteligentes. Assim, têm surgido os conceitos de edifícios inteligentes, cidades inteligentes, estruturas inteligentes, materiais inteligentes e empresas inteligentes. Precisamente para discutir estes avanços, e em que medida eles contribuem para soluções de engenharia mais seguras, económicas, confortáveis, eficientes e sustentáveis, foi convidado um painel de especialistas, com atividade de relevo na área, para transmitirem, no decorrer do Encontro Grandes Desafios da Engenharia Civil, a sua experiência e a sua visão acerca desta temática, ajudando a perspetivar os desenvolvimentos próximos futuros. Na segunda parte do encontro foi divulgado o prémio DESAFIO2017, atribuído ao melhor trabalho submetido por estudantes do ensino superior ao concurso de ideias em curso, premiando-se deste modo a criatividade, a imaginação e o engenho dos estudantes na resposta a uma questão concreta, na presente edição, na área das soluções inteligentes aplicáveis a qualquer uma das diversas áreas de atuação da engenharia civil. Além do prémio DESAFIO2017, reconheceu-se também o mérito académico dos melhores diplomados do MEC-ISEP na sua edição de 2015/2016, e homenageou-se um antigo docente, o Professor Engenheiro Pestana da Silva.

É precisamente com a homenagem ao Professor Engenheiro Pestana da Silva que se encerra o presente documento. Ilustre docente do DEC, antigo Diretor do ISEP, deixou como principal legado à Escola a atitude com que sempre enfrentou as questões colocadas e os valores que sempre defendeu, tanto na vida profissional como na familiar. É esta dimensão maior e inspiradora que com este *In Memoriam* se pretende perpetuar, passando a escrito o que foi o testemunho oral do Professor Engenheiro Sousa Guimarães, seu colega de profissão, e que no ISEP o acompanhou muito de perto.

# AGRADECIMENTOS

A Direção do Curso de Mestrado em Engenharia Civil (MEC) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e a Direção do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do ISEP agradecem, reconhecidamente, o esforço desenvolvido por todos os envolvidos nos trabalhos que a presente publicação promove, nomeadamente os seus autores, estudantes de Dissertação, Projeto, Estágio (DIPRE) do MEC, seus Orientadores, docentes do DEC, co-Orientadores, docentes do ISEP e de outras instituições do Ensino Superior e os Supervisores nas Empresas e em outras organizações públicas ou privadas, no caso dos estágios. Agradece-se igualmente a todos docentes e investigadores que integraram os júris constituídos para as provas públicas de defesa de DIPRE que, com dedicação, analisaram, discutiram e validaram os principais resultados alcançados.

Pelo papel essencial que assumiram no desenvolvimento de competências profissionais dos nossos diplomados do MEC, um agradecimento final a cada uma das entidades que acolheram os nossos estagiários, na edição de DIPRE de 2016/2017:

Águas de Douro e Paiva, SA

Alfaengenharia – Engenharia Civil e Acústica, Lda.

ASL & Associados, Lda.

BIMMS – BIM Management Solutions, Lda.

Câmara Municipal do Porto

Câmara Municipal de São João da Madeira

Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

CCAD – Serviços de Engenharia, Lda.

CICCOPN – Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas do Norte

Construções Vila Maior, Lda.

CORE CONCEPT, Lda.

Ecosteel, SA

Embeiral – Engenharia e Construção, SA

Enescoord – Coordenação e Gestão de Projectos e Obras, Lda.

Engenho e Rio – Unipessoal, Lda.

Euromodal – Sociedade de Representações, Lda.

Iperplano – Gestão, Planeamento e Fiscalização de Obras, SA

LECMA – Leading Change – Consultoria de Gestão, Lda.

LMC – Laboratório de Estruturas do DEC – ISEP

Jerónimo Botelho – Projeto e Consultoria Em Reabilitação do Património Edificado, Lda

NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda.

NEC – Núcleo de Estudos da Construção – ISEP

NEWTON – Consultores de Engenharia, Lda.

Portoestádio, Gestão e Exploração de Equipamentos Desportivos S.A.

Porto Vivo, SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense, SA

PSC – Engenharia, Construção e Imobiliário, Lda.

SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda.

SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, SA



# ÍNDICE DOS TRABALHOS

Construções.....	1
Estudo do Comportamento Térmico do Sistema de Janela Otiima.....	3
Acompanhamento da Remodelação e Ampliação da Casa de Saúde São Mateus.....	4
Análise de Patologias num Edifício e Soluções Corretivas.....	5
Análise do Desempenho Térmico de um Edifício Existente.....	6
Reverberação nas Salas do ISEP.....	7
Reabilitação de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial Metodologia de Intervenção.....	8
Sustentabilidade: Métodos de Avaliação e Modelação de Informação das Cidades.....	9
Metodologias Construtivas Utilizadas pela Porto Vivo, SRU.....	10
O Desempenho Energético dos Bairros Sociais – Caso de Estudo do Bairro do Falcão.....	11
Tecnologia e Caraterização Construtiva na Reabilitação.....	12
DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS.....	13
Reabilitação do Condomínio Camões 475 – Acompanhamento de Obra e Estudo Térmico.....	14
Estudo dos Pavimentos de Madeira e Aplicação da Metodologia BIM no Âmbito da Reabilitação de Um Edifício Antigo..	15
Uso de Resíduos de Embalagens PET em Betões.....	16
Reabilitação Térmica de um Edifício Existente.....	17
Avaliação da Reparabilidade de Estruturas de Betão Armado após Incêndio.....	18
Projeto de Reabilitação de Edifício Antigo.....	19
Aplicação do REH e do RECS a Casos Integrados em Edifícios Históricos Reabilitados no Centro do Porto.....	20
Construção do Centro Comercial Mar Shopping Algarve – Fase de Acabamentos.....	21
Diretrizes para uma Construção Sustentável no Brasil.....	22
Reabilitação de Edifícios – Pavimentos Leves.....	23
Estruturas.....	25
Avaliação Experimental dos Efeitos Dinâmicos da Ação do Vento na Torre de Telecomunicações do Monte da Virgem	27
Análise Experimental e Numérica de um Modelo Laboratorial.....	28

Calibração Experimental de Um Modelo Numérico da Ponte Ferroviária da Baía.....	29
Projeto de Estabilidade de Uma Habitação Unifamiliar Recorrendo a Programas de Cálculo Automático.....	30
Dimensionamento de Fundações Superficiais e Profundas de Acordo com os Eurocódigos – Aplicação a Um Caso de Estudo.....	31
Dimensionamento de Estruturas de Betão Armado e Metálicas.....	32
Ferramenta Para Integração de Resultados de Ensaios de Controlo de Qualidade de Materiais em Modelos BIM.....	33
Automatização da Modelação BIM de Armaduras no Projeto de Estruturas.....	34
Análise Comparativa Entre Normas Para Avaliar o Efeito de Punção em Lajes Planas de Concreto Armado.....	35
Muros de Solo Reforçado Com Pneus. Instrumentação de Modelo Físico e Modelação Numérica.....	36
Metodologias de Abordagem de Cenários de Instabilização Geotécnica. Casos de Estudo.....	37
Suporte BIM à Fase de Acompanhamento Técnico Através de Plataformas Colaborativas.....	38
Prospecção de Armaduras em Estruturas de Betão Armado: Mapeamento.....	39
Projetos de Estabilidade de Estruturas Metálicas e de Betão Armado.....	40
Análise Experimental de Estruturas de Betão.....	41
Métodos de Detecção de Danos Baseados na Resposta Estática da Estrutura – Aplicação ao Caso de Estudo da Ponte de Lanheses.....	42
Projeto de Duas Pontes Pedonais Inseridas Num Circuito Junto ao Rio Neiva.....	43
Calibração Experimental de Um Modelo Numérico da Ponte Ferroviária de São Lázaro.....	44
Inspeção, Diagnóstico e Reabilitação Estrutural. Casos de Estudo.....	45
Gestão da Construção.....	47
Concurso Público, Fiscalização e Coordenação de Empreitada do Pavilhão de Avintes.....	49
Implementação da Metodologia BIM-FM a uma Unidade Desportiva - Complexo de Piscinas de Campanhã.....	50
Análise de Risco na Construção Uma Abordagem de Gestão em PME Brasileira.....	51
Avaliação do Imóvel do "Café Majestic".....	52
Avaliação de Imóveis Segundo as Normas Brasileiras.....	53
Gestão de Patologias no Bairro do Orreiro.....	54
Aplicação de Ferramentas de Gestão de Ativos numa Empresa do Setor do Saneamento Básico.....	55
Desenvolvimento de Tecnologia de Apoio à Implementação de Linhas de Balanço no Planeamento da Construção.....	56
Aplicação da Metodologia Earned Value Management (EVM)- Caso de Estudo Just Stay Hotel Porto Centro.....	57
O Last Planner System (LPS) Aplicado a Casos de Estudo.....	58

Autoavaliação do Desempenho das Empresas de Construção e o Modelo de Gestão da Excelência da FNQ.....	59
Infraestruturas.....	61
Estudo das Características Geométricas dos Aeródromos e Heliportos – Expansão do Aeroporto de Maringá e Implantação de Um Heliporto em Campo Mourão.....	63
Misturas Betuminosas tipo SMA.....	64
Reabilitação de Betões em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais.....	65
Levantamento de Indicadores de Mobilidade no Centro Urbano de Vila Nova de Gaia.....	66
Beneficiação e Reabilitação de Acessos Rurais Afetos a Infraestruturas das Águas do Norte.....	67
Análise da Relação entre as Características Técnicas da Estrada e Acidentes Rodoviários.....	68
Redes Neurais Artificiais na Previsão de Consumos de Água.....	69
Acompanhamento de Obras de Requalificação em Espaços Públicos Urbanos no Município Do Porto.....	70
Modelação Hidráulica e Reabilitação Fluvial em Meio Urbano.....	71
Estudo da Hidrodinâmica Costeira com Recurso a Diferentes Técnicas Espectrais.....	72
Especificações Técnicas da Via-Férrea.....	73
Análise e Proposta de Corredor de Prioridade ao Transporte Público em Sinalização Luminosa na Cidade do Porto.....	74
Estudo de Soluções para Fundações de Arruamentos.....	75
Projeto de Instalações Hidráulicas Prediais de Edifícios Multifamiliares e de Serviços.....	76
Estudo Comparativo de Pavimentos Perpétuos e Pavimentos Convencionais.....	77
Análise Comparativa da Rede Ferroviária de Portugal e do Estado de São Paulo.....	78
Estudo e Identificação das Necessidades e dos Equipamentos de Suporte à Deslocação em Percursos de Bicicleta na Cidade do Porto.....	79





Mestrado em Engenharia Civil

# CONSTRUÇÕES

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Politécnico do Porto





## **ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE JANELA OTIIMA**

**Ana Maria Alves Amaral**

O presente relatório foi realizado no âmbito da unidade curricular de Estágio (DIPRE), do 2º semestre do 2ºano, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, do ramo de Construções e tem como objetivo descrever o estágio realizado, relatando as tarefas realizadas no contexto do mesmo.

Neste relatório apresenta-se a empresa onde decorreu o estágio e a caixilharia de marca OTIIMA utilizada pela empresa. No âmbito do estágio foi desenvolvido um estudo do comportamento térmico do sistema de janela OTIIMA da Ecosteel.

É descrito o método de cálculo do coeficiente de transmissão térmica do sistema de janela através do programa de cálculo utilizado no período de estágio e são referidas as normas europeias em que o programa de cálculo se baseia.

Durante o estágio foi aplicado o método de cálculo do coeficiente de transmissão térmica do sistema de janela OTIIMA a um projeto denominado Edifício Dom Pedro. Foram realizados cinco estudos e efetuadas comparações entre os estudos de modo a poderem ser retiradas conclusões sobre o comportamento térmico do sistema de janela OTIIMA.

O estudo desenvolvido permite estabelecer relações entre o coeficiente de transmissão térmica da janela, a área de vidro e o coeficiente de transmissão térmica do vidro e permite ainda observar a influência dos diferentes materiais usados na constituição da caixilharia.

**Palavras-chave:** Caixilharia; Vão envidraçado; Coeficiente de Transmissão Térmica; Ecosteel; Programa de Cálculo; OTIIMA.

Orientadora: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão (ISEP)

Supervisor: Arq. Levi Barros (Ecosteel)

## **ACOMPANHAMENTO DA REMODELAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA CASA DE SAÚDE SÃO MATEUS**

**Andrei Florin Bonya**

O presente relatório tem como objetivo descrever o estágio realizado, o acompanhamento da direção de obra, as tarefas desenvolvidas e ainda um estudo das ações externas sobre os revestimentos da fachada da obra.

Numa primeira fase do relatório, apresenta-se a empresa de acolhimento, a sua estrutura e o local da obra. A obra é relativa à ampliação e reabilitação da Casa de Saúde São Mateus em Viseu, sendo que os trabalhos acompanhados foram de encontro a parte da reabilitação do espaço. Seguidamente descrevem-se todas as intervenções acompanhadas no âmbito do estágio.

Na segunda fase do relatório descrevem-se as tarefas desenvolvidas como adjunto do diretor de obra, permitindo relacionar o acompanhamento dos trabalhos em obra com o desenvolvimento de atividades de controlo e supervisão dos trabalhadores, de modo a assegurar a segurança e higiene em obra.

Durante o acompanhamento da obra e das diversas intervenções, surgiu o interesse em realizar um estudo sobre os materiais que revestem a fachada do edifício da Casa de Saúde São Mateus, nomeadamente o fenólico e o vidro, analisando o comportamento quando sujeitos a ações externas.

É apresentado um estudo das ações exteriores a fachada do edifício da Casa de Saúde São Mateus, nomeadamente, ação do vento e ação sísmica. O primeiro estudo apresenta as características do edifício de modo a observar a variação dos coeficientes de pressão do vento em relação ao local onde o edifício está inserido. No segundo estudo é realizada a comparação das soluções adotadas em relação aos revestimentos da fachada, fenólico e vidro, previstos no projeto de arquitetura, sugerindo medidas de melhoria quando possível. Foram estudadas novas soluções para atingir os objetivos.

No presente relatório é ainda apresentada uma comparação dos valores obtidos nos estudos realizados pela empresa especializada em produção e montagem dos envidraçados, com os valores obtidos nos ensaios realizados para ensaios de resistência a vibração, impacto e encurvadura.

As conclusões dos estudos revelaram que independentemente da grande quantidade de elementos que foram analisados, o efeito do sismo e vento, atua de forma idêntica.

**Palavras-chave:** Estágio; Embeiral; Reabilitação; Saúde; Vento; Sismo; Revestimento.

Orientadora: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Élio Afonso Cardoso (Embeiral – Engenharia e Construção, S.A.)

## **ANÁLISE DE PATOLOGIAS NUM EDIFÍCIO E SOLUÇÕES CORRETIVAS**

**Carla Sofia Fernandes Barros Magalhães Sequeira**

Em Portugal, nestes últimos anos, tem-se promovido a intervenção nos edifícios escolares com intuito de os recuperar e modernizar. Estes são edifícios que merecem uma atenção redobrada, pois tratam-se de locais com uma utilização diária intensa.

A Direção do CICCOPN sensível à necessidade de melhorar as condições de ensino e conforto dos seus utilizadores (formandos, formadores e funcionários) e para fazer face ao desgaste provocado pelo uso e aos problemas construtivos a que o edifício está sujeito, aceitou a realização deste estágio, tendo em vista um levantamento das patologias existentes no mesmo e a definição de uma metodologia de reparação das situações mais frequentes.

Nesse sentido, e a fim de garantir a eficácia das soluções, propostas de reparação das patologias do edifício, procedeu-se primeiramente a uma fase de diagnóstico e de inspeção. A informação relativa ao diagnóstico das patologias evidenciadas é apresentada sob a forma de fichas de inspeção, tendo sido feito também o seu registo em planta onde as mesmas se encontram assinaladas por cores em função da sua gravidade e urgência de intervenção.

Verificou-se também que as infiltrações de água pela envolvente exterior do edifício (cobertura e fachadas) foram as principais anomalias encontradas e as causas resultam sobretudo da adoção de soluções construtivas inadequadas.

Este trabalho contempla ainda, numa fase posterior, um conjunto de recomendações, que norteiam na definição de soluções de reparação, de forma a garantir que as mesmas asseguram resultados satisfatórios a longo prazo.

**Palavras-chave:** Patologia; Inspeção; Manutenção.

Orientadora: Professora Maria da Luz do Vale Garcia (ISEP)

Supervisora: Engenheira Alexandra Maria Carrapatoso de Oliveira Estevão (CICCOPN)

## **ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM EDIFÍCIO EXISTENTE**

**Cláudia Raquel Magalhães Pinto**

Este relatório pretende avaliar o desempenho térmico de um edifício existente, construído em 1970, e comparar com o que apresentará após ser sujeito a diversas intervenções nas soluções construtivas adotadas e nos equipamentos.

Nos dias que hoje decorrem, as condições de qualidade de vida das populações têm vindo a melhorar e por isso os sistemas construtivos dos edifícios têm que ser aperfeiçoados até porque a legislação assim o obriga.

A atual regulamentação de desempenho térmico dos edifícios, o Decreto-Lei nº 118/2013 já sofreu quatro alterações e a sua metodologia de cálculo também tem sido alvo de modificações importantes realizadas através de publicações de diversas Portarias.

No caso de estudo apresentado, foi adotada a metodologia definida nesta legislação para um edifício misto existente e comparados os resultados obtidos após o edifício ser reabilitado. Para esta análise utilizou-se: o método geral realizado manualmente e através da folha de Excel desenvolvida pelo ITEcons e o método simplificado com o método geral no antes da reabilitação.

A folha de cálculo da ITEcons faz a avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético dos edifícios e disponibiliza o preenchimento de toda a informação necessária à emissão de Pré-Certificados e Certificados Energéticos.

Por fim avaliaram-se as medidas propostas na reabilitação e os impactos que teriam na certificação energética das frações estudadas.

**Palavras-chave:** Certificação energética; Comportamento térmico; Reabilitação.

Orientadora: Professora Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Pedro Miguel da Costa Cruz (Psc – Engenharia Construção e Imobiliário Lda)

## REVERBERAÇÃO NAS SALAS DO ISEP

**Cristiane Hupalo**

Com o passar do tempo, a exigência sobre as construções foi se tornando cada vez maior no quesito da economia, conforto, desempenho, entre outros. É neste contexto que a acústica é inserida como uma necessidade a ser atendida pelas construções. Esta deve atender a diversos parâmetros para que seja considerada como satisfatória, sendo o tempo de reverberação – objeto de estudo deste trabalho – um deles.

O tempo de reverberação está diretamente ligado ao entendimento das palavras dentro de um compartimento, ou seja, para que os ouvintes possam entender o locutor claramente, é necessário que o tempo de reverberação seja adequado. O ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto – como instituição de ensino demanda de ambientes que contemplem um tempo de reverberação adequado para que a transmissão de toda a informação seja eficiente.

Por isso, este trabalho tem por objetivo analisar o tempo de reverberação das salas do ISEP, comparando os valores ensaiados com os teóricos, observar a influência de variáveis cotidianas e sugerir possíveis melhorias para algumas salas. A fórmula utilizada foi a de Sabine, pois as salas se enquadraram dentro de seus parâmetros de aplicação, e foram ensaiadas sete salas, sendo dois auditórios, uma sala de reuniões e quatro salas de aula, com o auxílio dos equipamentos Brüel & Kjaer. As variáveis analisadas foram as janelas, os estores, os blackouts e a presença de pessoas. Os resultados apresentados demonstram que a presença de pessoas é a variável que, dentro daquelas estudadas, mais diminui o tempo de reverberação e que nenhuma das salas abordadas se enquadraram dentro da legislação estudada, sendo necessária a reforma das mesmas que pode contar com o uso de cadeiras de assento estofado e painéis perfurados.

**Palavras-chave:** Acústica; Fórmula de Sabine; Tempo de reverberação; Absorção.

Orientador: Professor Duarte Barroso Lopes (ISEP)

## **REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS COM VALOR PATRIMONIAL METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO**

**David Alexandre Ferreira da Silva**

A presente dissertação aborda o tema da reabilitação de edifícios antigos, fundamentando uma proposta de abordagem metodológica a aplicar nas intervenções em edifícios marcados pelo seu valor patrimonial.

Verifica-se nos últimos anos um grande interesse por parte das entidades nacionais em apostar na área da reabilitação de edifícios, devendo-se questionar, no entanto, até que ponto essas mesmas entidades regem a sua atividade dentro dos princípios impostos pelas Cartas Internacionais do Património e legislação existente. A atuação em edifícios antigos protegidos patrimonialmente impõe um grau de exigência mais acentuado, em particular a nível técnico, obrigando os promotores a implementação de estratégias de intervenção cujo objetivo principal é preservar e salvaguardar o edifício original para as gerações seguintes.

Sendo um tema de aprendizagem exigente, este trabalho tem como objetivo a definição de um conjunto de princípios de carácter teórico e técnico, que visam compreender a tipificação construtiva portuguesa nos edifícios antigos, análise de anomalias e ensaios de caracterização dos materiais, ultimando o estudo realizado numa metodologia de intervenção que leva em consideração todos os aspetos relevantes dentro do assunto.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Edifícios antigos; Património; Metodologia de intervenção.

Orientador: Professor José Manuel Martins Soares de Sousa (ISEP)

## **SUSTENTABILIDADE: MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E MODELAÇÃO DE INFORMAÇÃO DAS CIDADES**

**Diogo Soares Fernandes**

Atualmente o tema Sustentabilidade, bem como o desenvolvimento sustentável, apresenta uma enorme relevância no que diz respeito à procura de soluções globais – para travar os prejuízos provocados pelo Ser Humano – bem como para a educação, como forma de criação de hábitos e práticas mais sustentáveis.

Ao longo dos anos, o comportamento pouco responsável do Ser Humano para com o meio ambiente provocou danos quase irreversíveis no Planeta Terra, dado o desgaste e consumo desmedido de recursos naturais. Como tal, e face às consequências visíveis, os líderes mundiais começaram a focar atenções nos impactos ambientais, o que conduziu à criação de medidas e práticas sustentáveis e respetivas metodologias de avaliação a serem empregues local e globalmente.

Notoriamente o setor da construção foi alvo de grande foco, dada a preponderância do seu impacto no meio ambiente, dando origem ao incentivo para a construção sustentável. No entanto, para que seja possível atingir a Sustentabilidade no seu pleno, torna-se relevante reforçar a ideia de que a Sustentabilidade só é possível com o equilíbrio entre os seus três pilares fundamentais – fator ambiental, social e económico.

Desta forma, a presente dissertação pretende abordar dois grandes temas de vanguarda – os Métodos de Avaliação da Sustentabilidade das Cidades (MASC) e a Modelação de Informação das Cidades (CIM). Através da revisão e análise da literatura disponível e estado da arte será apresentada uma abordagem, primeiramente, ao tema da Sustentabilidade – intrinsecamente ligada com os restantes temas da dissertação – seguida da análise de três MASC, dois portugueses – SBToolPT e LiderA – e a norma internacional ISO 37120, no que diz respeito às suas vertentes do Planeamento Urbano, terminando com a análise do sistema CIM, que se apresenta como uma ferramenta de peso para auxílio à gestão e planeamento das cidades.

A abordagem aos temas escolhidos – através da revisão bibliográfica e análise crítica – tem como principal objetivo aprofundar conhecimentos que futuramente possam contribuir positivamente para um bem comum em relação à Sustentabilidade, ao desenvolvimento sustentável e metodologias disponíveis.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Métodos de avaliação da sustentabilidade das cidades; Modelação de informação das cidades; CIM; ISO 37120; SBToolPT; LiderA.

Orientador: Professor José Manuel Martins Soares de Sousa (ISEP)

## **METODOLOGIAS CONSTRUTIVAS UTILIZADAS PELA PORTO VIVO, SRU**

### **Guilherme Velho Pereira**

O presente relatório enquadra-se no âmbito da Unidade Curricular de DIPRE – Dissertação, Projeto e Estágio, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Construções, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, tendo neste caso sido realizado o estágio curricular na empresa Porto Vivo, SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense S.A.. O referido estágio teve início em fevereiro de 2017 e término em julho de 2017.

O relatório apresenta um registo das atividades desenvolvidas ao longo do estágio num dos núcleos da empresa em que o estagiário se integrou. Essas atividades incidiram, nomeadamente, em vistorias para determinação do estado de conservação de edifícios e acompanhamento de projetos e obras na área de intervenção da Porto Vivo, SRU.

Para além de uma apresentação geral das tarefas desenvolvidas, são relatadas com mais pormenor as soluções construtivas implementadas em duas Operações realizadas pela Porto Vivo, SRU e cujas obras o estagiário acompanhou enquanto integrou o Núcleo de Gestão de Obras.

Procedeu-se ainda à realização de uma síntese dos elementos construtivos existentes e as respetivas soluções de reabilitação implementadas. Nessa síntese, verifica-se o coeficiente de transmissão térmica inicial e após a reabilitação dos elementos da envolvente exterior de habitação e comércio e comparam-se com os valores máximos permitidos até final de 2015 e a partir de 2016.

Finalmente apresentam-se as conclusões finais e desenvolvimentos futuros acerca do trabalho realizado.

**Palavras-chave:** Porto Vivo; Reabilitação urbana; Núcleo de gestão de obras; Metodologias construtivas; Coeficiente de transmissão térmica.

Orientadora: Professora Teresa Isabel Moreira de Carvalho Neto Silva (ISEP)

Supervisor: Engenheiro João Ricardo Rodrigues Ferreira da Silva (Porto Vivo – Sociedade de Reabilitação Urbana)

## **O DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS BAIRROS SOCIAIS – CASO DE ESTUDO DO BAIRRO DO FALCÃO**

**Hélder Rafael Teixeira Cardoso**

Inicialmente, as habitações serviam apenas como abrigo, sendo que ao longo dos séculos e com o Desenvolvimento de novas técnicas e vivências mais sedentárias tornaram-se locais de permanência por longos períodos, alterando-se o paradigma.

Atualmente, o setor dos transportes é o responsável pelos consumos energéticos mais elevados, mas o setor doméstico também é bastante dependente de energia, embora tenha um potencial de poupança também interessante, conseguido através de um conjunto de medidas facilmente implementáveis. Nos edifícios a maioria da energia é produzida através de fontes de energia não renováveis, com todos os problemas daí resultantes, nomeadamente ao nível da sua sustentabilidade. Para contrariar esta tendência é essencial repensar a forma como os edifícios são concebidos.

Este trabalho incide primeiramente na exposição e resumo da legislação térmica aplicável a edifícios de habitação em Portugal, especialmente o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, posteriores atualizações e respetivos documentos legislativos complementares.

Posteriormente, demonstra-se a aplicação prática da metodologia de cálculo, prevista na legislação, para a reabilitação de várias frações que compõem o Bairro do Falcão, no Porto, sequenciando as etapas mais importantes para o desenvolvimento de um estudo de desempenho energético de frações habitacionais.

Este estudo procura evidenciar os benefícios funcionais que podem resultar de uma reabilitação térmica coerente e que poderão resultar em: menores consumos energéticos, melhor qualidade do ar interior, menor probabilidade da ocorrência de condensações, benefícios económicos através da menor dependência de aquisição de energia e, por consequência, menores impactes para o ambiente na fase de utilização dos imóveis.

A quantificação dos benefícios pretende uma maior sensibilização para a importância do desempenho energético nos edifícios, e especialmente a alteração do paradigma de se projetar apenas a pensar nos custos de construção, sendo deixado para segundo plano o conforto dos utilizadores e o custo de utilização em toda a vida útil dos imóveis.

**Palavras-chave:** Desempenho energético; Habitação social; Soluções construtivas; Energia.

Orientadora: Professora Teresa Isabel Moreira de Carvalho Neto Silva (ISEP)

## **TECNOLOGIA E CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA NA REABILITAÇÃO**

**João Pedro Maia Oliveira Pereira**

O presente relatório visa descrever o estágio curricular desenvolvido na Porto Vivo, SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense. O estágio teve como principal objetivo a inserção do estudante no ambiente empresarial e a aplicação das competências desenvolvidas ao longo do curso.

Com este documento pretende-se o estudo da reabilitação em edifícios antigos no centro histórico da cidade do Porto. Com o estudo de metodologias construtivas, a sua caracterização construtiva e a legislação aplicada nestes edifícios.

Verifica-se nos últimos anos um grande interesse por parte das entidades nacionais em apostar na área da reabilitação de edifícios, devendo-se questionar, no entanto, até que ponto essas mesmas entidades regem a sua atividade dentro dos princípios impostos pela legislação existente. O relatório pretende abordar a problemática da regulamentação aplicável à reabilitação de edifícios antigos. Neste sentido, defende que a regulamentação de construção que está em vigor em muitos aspetos, não está adaptada à reabilitação de edifícios antigos. Está, em regra, formatada para a construção de edifícios novos.

Por fim, apresentam-se as considerações finais do trabalho desenvolvido neste relatório de estágio, fazendo-se uma perspetiva geral do trabalho realizado, incluindo os objetivos atingidos e aqueles que se pretendiam atingir, as dificuldades no seu desenvolvimento e sugestões para futuros trabalhos nesta área.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Metodologias; Legislação na reabilitação; Caracterização construtiva.

Orientador: Professor José Manuel Martins Soares de Sousa (ISEP)

Supervisora: Engenheira Maria Margarida da Silva Mesquita Guimarães (Porto Vivo – Sociedade de Reabilitação Urbana)

## **DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS**

**João David Ribeiro de Vasconcelos**

O presente relatório pretende apresentar o trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular realizado na empresa Alfaengenharia, especialista em acústica de edifícios, sediada no Porto.

O principal tema abordado no presente documento é a acústica dos edifícios, nomeadamente, o seu isolamento sonoro a sons de condução aérea. Nesse sentido, foram catalogadas e estudadas várias soluções construtivas de caixilharia, vidros e paredes, sendo que, para cada solução é apresentado o respetivo desempenho acústico.

O caso de estudo, incide sobre dois edifícios de habitação unifamiliar aos quais é feita a verificação do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar. Para cada um dos edifícios, são apresentados os respetivos cálculos realizados para garantir o cumprimento das exigências regulamentares estabelecidas no Regulamento Geral do Ruído (RGR) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).

**Palavras-chave:** Acústica; Caixilharia; Vidros; Paredes.

Orientador: Professor Duarte Barroso Lopes (ISEP)

Supervisora: Engenheira Alexandra Correia Barbosa (Alfaengenharia)

## **REABILITAÇÃO DO CONDOMÍNIO CAMÕES 475 – ACOMPANHAMENTO DE OBRA E ESTUDO TÉRMICO**

**Jorge Marcelo Nunes Ferreira**

O presente relatório tem como objetivo principal descrever o trabalho realizado ao longo do estágio curricular realizado na empresa Construções Vila Maior, onde foram acompanhadas algumas obras de reabilitação.

As diversas tarefas desenvolvidas no decorrer do estágio, foram na qualidade de adjunto do diretor de obra e relacionadas com o acompanhamento de obra, medição e orçamentação e controlo de custos e recursos como a mão de obra de empresas externas (subempreiteiros).

Em paralelo com as tarefas desempenhadas na empresa, foi desenvolvido o estudo do comportamento térmico de uma das obras acompanhadas. A obra em questão é a reabilitação do condomínio Camões 475, composta por dois edifícios multifamiliares e espaços exteriores. A reabilitação passa a comportar 16 frações.

O edifício principal contém sete frações, está dividido em quatro pisos (rés do chão, 1º andar, 2º andar e vão do telhado) e tem uma área de implantação de 210 m<sup>2</sup>, enquanto que o edifício secundário é constituído pelas restantes 9 frações, está dividido em três pisos (rés do chão, 1º andar e vão do telhado) com uma área de implantação de 188 m<sup>2</sup>. A área total de construção dos dois edifícios é de 1151 m<sup>2</sup>

O estudo térmico desenvolvido, tem como objetivo obter a classe energética de cada uma das sete frações existentes no edifício principal do condomínio, com as soluções construtivas definidas em projeto e implementadas em obra e propor medidas de melhoria, tendo em conta os custos associados a aplicação dessas medidas.

Com a aplicação de uma proposta de melhoria estudada, a mais eficiente, é possível melhorar a classe energética de cinco das sete frações existentes no edifício, sendo que a melhor classe energética obtida é a classe B-.

**Palavras-chave:** Estágio; Construções Vila Maior; Reabilitação; Estudo térmico.

Orientadora: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Severino Ponte (Construções Vila Maior, Lda)

## **ESTUDO DOS PAVIMENTOS DE MADEIRA E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO ÂMBITO DA REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO ANTIGO**

**Jorge Filipe Maia Gonçalves**

O presente trabalho refere-se a um relatório de estágio para a conclusão do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Construções, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. O estágio decorreu na empresa Jerónimo Botelho – Projeto e Consultoria em Reabilitação do Património Edificado Lda., durante um período de seis meses.

Este relatório aborda um projeto de reabilitação de um edifício, situado na cidade do Porto. Neste caso, o dono de obra tinha o interesse em manter a máxima quantidade possível de elementos originais do edifício. Foram então desenvolvidas competências na inspeção e diagnóstico estrutural e dimensionamento de estruturas de madeira, mais especificamente relativas aos pavimentos de madeira, que eram os elementos que necessitariam uma maior intervenção. Desta forma, serão apresentadas soluções para os casos em que os pavimentos de madeira ainda podem ser mantidos e soluções de dimensionamento para aqueles que necessitam ser substituídos.

Recorrendo ao software Revit, a metodologia Building Information Modelling (BIM) foi aplicada a este projeto de reabilitação. Houve então o interesse em modelar este edifício e todos os seus elementos, não só pela sua criação em 3D, mas sobretudo pela potencialidade que esta metodologia oferece, com informação referente a cada um dos elementos presentes no edifício e suas relações. Por fim, para aprofundar esta metodologia e perceber mais uma das suas potencialidades, também foi testado o conceito de interoperabilidade entre programas.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Inspeção; Dimensionamento; Pavimentos de madeira; Revit; Building Information Modelling (BIM); Interoperabilidade.

Orientadora: Professora Madalena Maria de Kermenguy Vasconcelos e Serpa Marques (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Jerónimo Araújo Botelho Júnior (Jerónimo Botelho – Projeto e Consultoria em Reabilitação do Património Edificado, Lda.)

## **USO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS PET EM BETÕES**

**Leonardo Libano Csernik Monteiro**

A construção civil é uma grande consumidora de recursos naturais e, por isso, tem o dever de inovar em suas técnicas e ser pioneira na utilização de tecnologias ambientalmente responsáveis.

Dentre as possíveis ações inovadoras, pode-se atuar no emprego de diferentes materiais já transformados em substituição aos recursos naturais. É neste aspecto que esta dissertação se concentra, na reutilização de embalagens PET para produção de compostos cimentícios, oferecendo assim mais uma destinação para este resíduo tão presente nos resíduos sólidos urbanos.

Para o aproveitamento de argamassas ou betões produzidos com resíduos de embalagens PET, é indispensável o estudo de suas características e propriedades. Ao se investigar as dosagens e os impactos nas propriedades físicas e mecânicas, compôs-se assim uma base de informações que permite abrirmos um leque de possibilidade de emprego deste composto.

Foram estudadas argamassas e betões fazendo uso de flocos de PET de baixa granulometria como agregado fino, substituindo porções de areia. Em argamassas, foram analisados traços com relação em massa de cimento/agregado 1:2, 1:3 e 1:4. E, para cada uma das relações, impuseram-se taxas de substituição em massa de areia por resíduos de PET de 10% e 20%. Para betões utilizou-se um traço 1:2:3 de cimento, agregado fino e agregado grosso respectivamente e a mesma taxa de substituição em massa de areia por resíduos de PET de 10% e 20%.

Todos os agregados foram caracterizados. As argamassas foram submetidas aos ensaios de índice de consistência, massa volúmica fresca, massa volúmica aparente seca, resistência à compressão axial, absorção de água por capilaridade e condutividade térmica. Já os betões foram submetidos aos ensaios de abaixamento do tronco de cone, massa volúmica fresca, resistência à compressão axial e resistência à tração.

Os resultados obtidos convergem para uma diminuição das resistências mecânicas à medida que é aumentada a porção de resíduos de PET empregados. Mesmo com resíduos de baixa granulometria, houve dificuldade de aderência entre o PET e a matriz cimentícia. Apesar disto, o aumento da taxa de substituição se mostrou vantajosa quanto à diminuição da massa volúmica e diminuição da condutividade térmica.

**Palavras-chave:** Betão; Betão sustentável; Reciclagem; PET; Agregados plásticos; Condutividade térmica.

Orientadora: Professora Maria da Luz do Vale Garcia (ISEP)

Coorientador: Simão Prizskulnik (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## REABILITAÇÃO TÉRMICA DE UM EDIFÍCIO EXISTENTE

**Nuno Manuel Pinto Teixeira**

As alterações climáticas motivadas pela emissão de gases com efeito de estufa, despertaram a consciência mundial para a luta contra as origens que promovem essas emissões. Encontrando-se a origem de grande parte das emissões na produção e consumo de energia, a melhoria do desempenho térmico nos edifícios surge como uma das soluções possíveis, dado a elevada importância que os consumos energéticos nos edifícios representam na totalidade dos consumos.

A promoção da eficiência energética dos edifícios não se restringe apenas aos edifícios em construção ou a construir, mas abarca igualmente os edifícios existentes. Assim sendo, nos últimos anos, alguns governos, incluindo o português, decretaram novos regulamentos, um deles direcionado para o desempenho térmico que incita à reabilitação térmica e energética de edifícios existentes.

O retrato do património edificado português evidencia sinais de degradação, motivado pela falta de manutenção, mau desempenho térmico e de conforto. Esta caracterização abre, assim, perspectivas para a reabilitação global do património edificado que deverá abranger a reabilitação da componente térmica.

Neste projeto avaliou-se o balanço energético de um edifício de habitação unifamiliar existente, foram identificadas as soluções mais correntes de reabilitação térmica ao nível da envolvente exterior, sistemas de preparação de águas quentes sanitárias e sistemas de climatização ambiente. Por fim, estas soluções foram alvo de uma nova análise ao seu contributo no balanço energético e regulamentar a fim de integrarem no projeto de reabilitação térmica de um edifício existente localizado na freguesia de Freixo de Baixo na cidade de Amarante.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Eficiência energética; Desempenho térmico; Conforto; Regulamento.

Orientadora: Professora Teresa Isabel Moreira de Carvalho Neto Silva (ISEP)

## **AVALIAÇÃO DA REPARABILIDADE DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO APÓS INCÊNDIO**

**Nuno Miguel Leite da Silva Sá**

As estruturas em betão armado apresentam um bom comportamento durante e após incêndio podendo na generalidade ser reparadas. Para avaliar a reparabilidade destas, é apresentada uma metodologia que fornece as ferramentas para determinar se é possível e/ou vantajoso proceder à sua reparação.

São abordados os métodos de modelação de incêndio e como avaliar o seu impacto em elementos de betão armado segundo a EN 1991-1-2 e EN 1992-1-2 respetivamente.

É também apresentada a metodologia de avaliação, tipos de dano causados pelo incêndio, propriedades residuais dos materiais, um sistema de classificação de danos e uma abordagem geral aos métodos de reparação.

Uma estimativa para a severidade de um incêndio é apresentada com recurso a uma curva paramétrica além de um estudo da evolução da resistência residual de um pilar, viga e laje sujeitas á curva incêndio padrão. Neste estudo são também comparados os fatores de redução para as características mecânicas apresentados pela EN 1992-1-2 e os obtidos por via experimental. É também apresentado como determinar a resistência residual de uma viga com a profundidade de isotérmica já conhecida.

Conclui-se que a consideração das propriedades do local onde ocorreu o incêndio é importante para uma boa estimativa da severidade de um incêndio e que a temperatura máxima atingida pela armadura é o fator determinante para a resistência residual de vigas e lajes.

**Palavras-chave:** Incêndio; Betão; Resistência residual, Avaliação, Reparabilidade.

Orientador: Professor Duarte Barroso Lopes (ISEP)

## PROJETO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO ANTIGO

**Pedro Miguel Soares Mendes**

Nos últimos anos a reabilitação de edifícios antigos em Portugal começa a ter relevância no volume de negócios do setor da construção civil. Nas últimas décadas o setor focou-se e vocacionou-se para a construção de edifícios novos, que conduziu ao abandono dos edifícios antigos, considerados como obsoletos e desadequados às exigências da sociedade contemporânea. O abandono dos edifícios antigos conduziu à degradação dos centros das cidades, em particular das zonas históricas, à redução das relações socioeconómicas e perda de valor patrimonial. Tornou-se senso comum entre a maioria dos agentes intervenientes no setor, que a reabilitação de edifícios antigos era dispendiosa, com dificuldade extrema em satisfazer as atuais exigências de mercado e que o ideal seria demolir para construir de novo.

O paradigma tem-se vindo a alterar nos últimos anos, fruto do forte incentivo por parte do poder político, do crescente aumento de interesse da sociedade em manter a identidade das cidades e do seu património edificado e da pressão turística que se vem sentido nos últimos anos. O desafio, porém, mantém-se difícil de concretizar pela perda de conhecimento de técnicas antigas de construção e da falta de pessoal com formação adequada à natureza própria dos trabalhos de reabilitação.

Com o presente projeto pretende-se demonstrar que, embora seja um processo complexo, sujeito a variáveis imprevisíveis tais como, o real estado do edifício quando sujeito à intrusão que o processo de obra implica, a reabilitação de um edifício pode conduzir ao sucesso do empreendimento. Para tal é necessário que a sua viabilidade seja estudada com base em diagnósticos aprofundados do real estado do edifício e em estudos de mercado nas áreas da construção, comercialização ou exploração do empreendimento. Outro aspeto de extrema importância que se pretende demonstrar, é a importância da elaboração de projetos pensados em sintonia entre os projetistas intervenientes. Uma boa coordenação em projeto, permite a previsão da ocorrência de incompatibilidades entre as diversas especialidades e tomada de medidas de resolução. Pretende-se também elaborar peças desenhadas que permitam leitura clara e esclarecedora por parte dos executantes da obra de reabilitação, quanto à constituição dos materiais e forma de execução.

**Palavras-chave:** Reabilitação de edifícios antigos; Projetos de especialidades; Estabilidade; Abastecimento de água e drenagem de águas residuais; Térmico; Acústico.

Orientador: Professor José Carlos Rodrigues Campeão (ISEP)

## **APLICAÇÃO DO REH E DO RECS A CASOS INTEGRADOS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS REABILITADOS NO CENTRO DO PORTO**

**Ricardo Alberto Figueiredo Leal**

O presente relatório foi realizado no âmbito do estágio curricular realizado na empresa ASL&Associados com o intuito de concluir os estudos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

O trabalho desenvolvido tem como objetivo uma análise ao desempenho energético de uma fração de habitação e de uma fração de serviços com uma potência de climatização superior a 25kW, situadas na zona histórica da cidade do Porto.

Após uma breve descrição dos objetivos deste relatório e da estrutura do mesmo, das atividades desenvolvidas e das diversas folhas de cálculo utilizadas ao longo do estágio, foi necessário elaborar um pequeno capítulo onde se encontra descrita toda a legislação utilizada para a resolução de um caso de estudo em que o principal objetivo é a avaliação do desempenho energético de duas frações inseridas num edifício de habitação e de serviços, a reabilitar na Rua de José Falcão. Enquanto que o estudo de uma fração de habitação com 42,29 m<sup>2</sup> foi feito com recurso ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e com ajuda das folhas de cálculo disponibilizadas, a avaliação energética da fração de serviços com 469,52 m<sup>2</sup> foi avaliado com base no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços e com recurso a um software de simulação dinâmica (TRACE700).

Concluída a obtenção da classificação energética de ambas as frações, foram propostas medidas de melhoria com o objetivo de reduzir as necessidades energéticas das mesmas, permitindo uma redução anual da fatura energética em cerca de 685€ no caso da fração de habitação e de 2795€ na fração de serviços.

Devido à localização e a questões de índole arquitetónica não foi viável implementar soluções com recurso a energia renovável

**Palavras-chave:** Energia; REH; RECS; Reabilitação; ASL&Associados

Orientador: Professor José Manuel Martins Soares de Sousa (ISEP)

Supervisora: Engenheira Sónia Andreia Laranjeira Gomes (ASL&Associados)

## **CONSTRUÇÃO DO CENTRO COMERCIAL MAR SHOPPING ALGARVE – FASE DE ACABAMENTOS**

### **Susana Filipa de Almeida Baptista**

O presente relatório reporta o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular enquadrado no ciclo de estudos do Mestrado de Engenharia Civil do Ramo de Construções. A duração do estágio, inserido em ambiente empresarial, compreendeu excepcionalmente um período de nove meses, decorrido na empresa Iperplano. Durante o qual foi possível acompanhar a fase de acabamentos da Construção de Centro Comercial MAR Shopping Algarve.

Inicialmente são abordadas as diversas funções da Fiscalização neste empreendimento fazendo uma breve referência do processo decorrido na fase de seleção do empreiteiro e mencionando todas as suas ligações e responsabilidades até à fase final de entrega do empreendimento. Explicando a sua importância relativamente ao controlo de custos, qualidade, planeamento e ambiente.

Posteriormente são descritas as várias situações presenciadas, descrevendo o que foi executado relativamente aos vários temas acompanhados ao longo do estágio. Fazendo ainda menção às diversas soluções construtivas utilizadas em obra e referindo quais os variados materiais utilizados.

Adicionalmente são relatados alguns dos problemas que foram ocorrendo ao longo do desenvolvimento da obra, realizando a sua descrição e indicando quais as soluções que foram adotadas para as suas devidas correções.

Por último é elaborada uma reflexão e um balanço de todo o trabalho desenvolvido ao longo do estágio, indicando de uma forma geral quais os prós e contras da fiscalização no decorrer da fase de construção do empreendimento.

**Palavras-chave:** Obra; Fiscalização; Soluções construtivas; Materiais; Correções.

Orientadora: Professora Maria da Luz do Vale Garcia (ISEP)

Supervisora: Engenheira Maria Armandina Antunes Trigo Mesquita (Iperplano)

## **DIRETRIZES PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL**

### **Thiago de Camargo Andrade Moraes**

O betão é um material usado para a construção de inúmeros edifícios e estruturas, dado que se torna necessário exercer um controlo antes, durante e após a construção, pelo que é necessária a existência de métodos fiáveis e capazes de o garantir. Do ponto de vista do engenheiro, a resistência é um parâmetro fundamental do dimensionamento de estruturas novas ou de reforço de existentes.

Neste contexto o presente documento pretende dar um contributo no estudo e caracterização do betão, através de ensaios destrutivos e não destrutivos. É apresentada a importância e utilidade da realização dos mesmos quer em estruturas existentes ou novas. Estão sintetizados procedimentos de cada ensaio e respetivo equipamento segundo a regulamentação nacional, sempre que possível.

O presente relatório procura, através da realização de um programa experimental, com três casos de estudo, entender o comportamento do betão endurecido e verificar a fiabilidade e eficiência entre a relação de ensaios destrutivos e não destrutivos.

**Palavras-chave:** Betão; GRC; Ensaios destrutivos; Ensaios não destrutivos.

Orientador: Professor Paulo Augusto Ribeiro Guedes (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Francisco Quintas Araújo (EUROMODAL – Soluções para Betão)

## REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PAVIMENTOS LEVES

**Tiago Luís Gomes Ferreira**

Sendo a reabilitação um processo de grande importância na construção civil em Portugal, a escolha dos materiais a utilizar é um parâmetro fulcral devido ao impacto que terá na estrutura pré-existente. Atualmente no mercado existem soluções alternativas ao betão armado, aço enformado a quente ou vigotas pré-esforçadas, tais como a madeira ou o aço enformado a frio. Estes últimos materiais, permitem soluções construtivas leves, com baixo peso específico quando comparadas com as soluções tradicionais.

Neste trabalho, foram inventariadas soluções construtivas leves disponíveis no mercado em Portugal, tendo sido comparado o custo e peso por área com as soluções tradicionais. Adicionalmente, foi estudado o comportamento acústico das soluções construtivas leves através de métodos comuns (lei da massa) e alternativos (método de Sharp e Meisser), assim como uma comparação dos resultados obtidos nos diferentes métodos.

Foi possível identificar que as soluções leves, de madeira e aço, possuem um peso por metro quadrado bastante inferior a qualquer solução tradicional, na ordem dos 20%. No comportamento acústico, não foi possível chegar aos valores de estimativa acústica propostos nos pavimentos em madeira. Todos os autores analisados proponham valores de isolamento acústico bastante altos, valores estes que não se aproximam dos valores estimados. Por outro lado, os valores do isolamento acústico nos pavimentos em LSF foram muito próximos dos propostos.

Os pavimentos leves são a solução mais apropriada para obras de reabilitação, devido ao seu peso por metro quadrado, logo, menor esforço/carga nas paredes resistentes.

**Palavras-chave:** Pavimentos leves; Light steel frame; Madeira; Sons aéreos; Sons de percussão; Sharp e Meisser.

Orientador: Professor Duarte Barroso Lopes (ISEP)



Mestrado em Engenharia Civil

# ESTRUTURAS

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Politécnico do Porto

Grandes Desafios da Engenharia Civil  
ISEP, Abril de 2017





## **AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DOS EFEITOS DINÂMICOS DA AÇÃO DO VENTO NA TORRE DE TELECOMUNICAÇÕES DO MONTE DA VIRGEM**

**Caio César Trolez de Salvo**

Este documento consiste na análise e avaliação da ação do vento na torre de telecomunicações do Monte da Virgem (Vila Nova de Gaia, Portugal) através da análise de dados já coletados por um sistema de monitorização instalado.

Este trabalho enquadra-se numa parceria técnica entre o Instituto Superior de Engenharia do Porto e a Portugal Telecom (Altice).

A torre de telecomunicações do Monte da Virgem é uma torre de, aproximadamente, 177 m de altura, em estrutura mista aço-betão, que, desde o seu início de utilização, no ano de 1995, vem apresentando problemas de vibrações excessivas devido à atuação de regimes específicos de ventos.

Com o objetivo de caracterizar a resposta em acelerações da torre e os regimes de vento foi realizada a análise extensiva dos dados recolhidos através do sistema de monitorização instalado nesta estrutura. A análise dos dados medidos envolveu um tratamento prévio dos dados, em particular dos acelerómetros, devido, sobretudo, à presença de perturbações dos sinais devidas aos fatores não relacionados com a ação do vento, como é o caso da ação das pessoas, o movimento do elevador, o funcionamento de equipamentos, entre outros.

Para o efeito foi desenvolvido um programa em ambiente Matlab que possibilitou a filtragem do sinal, uma vez que as frequências dos principais modos de vibração da torre situam-se entre 0,478 Hz a 5,979 Hz. A análise dos valores máximos das acelerações, durante um período de aproximadamente um mês, permitiu a identificação e caracterização de um número significativo de eventos críticos que ocorrem sob a ação de ventos específicos. A ocorrência destes eventos está associada a vibrações excessivas da parte metálica da torre que induz na estrutura de betão níveis de aceleração muito superiores aos admissíveis para este tipo de estrutura.

**Palavras-chave:** Torre de telecomunicações; Sistema de monitorização permanente; Frequências e modos de vibração; Acelerações; Velocidade e direção do vento; Eventos críticos.

Orientador: Professor Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro (ISEP)

## **ANÁLISE EXPERIMENTAL E NUMÉRICA DE UM MODELO LABORATORIAL**

**Carlos Daniel Barroso Caleiro da Costa**

Nos últimos anos, a Monitorização da Integridade Estrutural (SHM – Structural Health Monitoring) tem surgido como tema de interesse e de cada vez mais alargada aplicação no âmbito da engenharia civil. A relevância da monitorização estrutural surge associada ao crescente interesse, dos donos de obra e entidades gestoras de obras, de ter um conhecimento aprofundado das estruturas. O impulso verificado nos últimos anos no setor da monitorização aparece da necessidade de garantir condições de segurança para as estruturas. Neste aspeto a observação das estruturas mais antigas tem observado um crescimento significativo para se avaliar a adequação das mesmas às exigências atuais.

Os sistemas de monitorização possibilitam um acompanhamento contínuo do comportamento das estruturas e através dos dados obtidos é possível fazer a avaliação das alterações no comportamento da mesma. Baseados em sensores, os sistemas de monitorização são um meio inovador para o estudo cuidadoso das estruturas e um apoio importante para o planeamento de ações de rotina que permitem a manutenção da estrutura dentro de parâmetros de segurança aceitáveis, potenciando uma manutenção proativa das estruturas.

Na presente dissertação é feito o estudo de um demonstrador, dimensionado e concebido para o efeito, no qual é implementado um sistema de monitorização contínuo e automático. O demonstrador é submetido a uma campanha de ensaios, composta por ensaios estáticos e dinâmicos. O estudo realizado pretende a medição de grandezas consideradas relevantes, tais como deslocamentos, extensões, rotações e acelerações, que permitem avaliar a adequação dos sistemas de monitorização e também o comportamento da estrutura objeto dos ensaios.

Para que seja possível retirar conclusões mais satisfatórias do trabalho realizado, os resultados experimentais são comparados com os provenientes de modelos numéricos. Para tal são desenvolvidos dois modelos de elementos finitos: um de barras e outro de casca. O objetivo do desenvolvimento destes de modelos numéricos é o de avaliar com mais segurança o comportamento da estrutura.

**Palavras-chave:** Sistemas de monitorização; Sistemas de aquisição; Comportamento estrutural; Análise estrutural; Monitorização da integridade estrutural; Demonstrador laboratorial.

Orientador: Professor Carlos Manuel da Silva Félix (ISEP)

Coorientador: Professor Carlos Filipe Guedes Rodrigues (ISEP)

## **CALIBRAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM MODELO NUMÉRICO DA PONTE FERROVIÁRIA DA BAIA**

**Cláudia Santos Oliveira**

O presente estudo incidiu sobre a ponte ferroviária da Baia, pertencente à linha do Tâmega, tendo sido realizada a modelação numérica da estrutura, um ensaio dinâmico de vibração ambiental para a identificação das suas propriedades dinâmicas e, com base nos resultados do ensaio, a calibração manual do modelo numérico.

A modelação numérica tridimensional da ponte foi concretizada recorrendo ao programa comercial de elementos finitos Autodesk Robot Structural Analysis. A sua elaboração teve a necessidade de recorrer às informações de um levantamento geométrico, realizado em colaboração com entidades externas, uma vez que não foram fornecidos os projetos originais da ponte.

O ensaio de vibração ambiental teve como objetivo a identificação dos parâmetros modais da ponte, em particular as frequências de vibração, as configurações modais e os coeficientes de amortecimento. O ensaio foi realizado ao longo de 2 dias e envolveu a preparação de uma logística significativa em termos de equipamentos, materiais e meios necessários para a sua concretização. O pré-processamento dos sinais medidos foi realizada através de uma rotina MATLAB, e o processamento das séries temporais obtidas no ensaio foi realizado recorrendo ao programa ARTeMIS, aplicando a versão melhorada do método da decomposição no domínio da frequência (EFDD).

Os parâmetros modais obtidos por via experimental, em particular as frequências naturais de vibração e as configurações modais, serviram de base para a calibração manual do modelo numérico, conseguida através da variação dos valores de alguns parâmetros numéricos, tais como o módulo de elasticidade do aço, as condições de apoio e a massa dos elementos não-estruturais. O parâmetro MAC serviu de base ao emparelhamento dos modos de vibração experimentais e numéricos.

**Palavras-chave:** Pontes metálicas ferroviárias; Modelação numérica; Ensaio de vibração ambiental; Identificação dinâmica de estruturas; Método EFDD; Calibração manual.

Orientador: Professor Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro (ISEP)

Coorientadores: Doutor Bruno José Afonso Costa (FEUP) e Professor Jorge Magalhães Mendes (ISEP)

## **PROJETO DE ESTABILIDADE DE UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR RECORRENDO A PROGRAMAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO**

**Fábio André Sousa Rocha Nunes**

O presente documento é referente à realização de um projeto de estabilidade estrutural em betão armado, no âmbito da disciplina DIPRE (Dissertação / Projeto / Estágio).

A escolha deste tema teve como objetivo aplicar conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia civil, especialmente os obtidos nas unidades curriculares referentes ao ramo de estruturas. Para além disso, pretendeu-se o estudo e a utilização de programas informáticos de cálculo de estruturas que permitissem a aquisição de competências que se esperam úteis no desenvolvimento da atividade de projetista no mercado de trabalho.

O trabalho desenvolvido refere-se a um projeto de estabilidade estrutural de uma habitação unifamiliar situada na freguesia de Avintes, Vila Nova de Gaia. Foi efetuado recorrendo às funcionalidades dos programas de cálculo Robot Structural Analysis Professional e ao CYPE e sob orientação da Engenheira Isabel Maria Alvim Teles.

Com este projeto pretendeu-se seguir todas as fases de execução de um projeto de estabilidade, desde a análise da arquitetura até à elaboração das peças desenhadas, utilizando os regulamentos nacionais e europeus, nomeadamente o REBAP e os Eurocódigos.

As peças desenhadas constituintes do projeto de estabilidade final estão apresentadas na secção Anexos deste documento.

**Palavras-chave:** Projeto de estabilidade; CYPE; Robot; REBAP; Eurocódigos.

Orientadora: Professor Isabel Maria Alvim Teles (ISEP)

## **DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS E PROFUNDAS DE ACORDO COM OS EUROCÓDIGOS – APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO**

**Fernando Manuel de Carvalho Martinho**

O presente projeto foi realizado no âmbito da unidade curricular dissertação/projeto/estágio (DIPRE) que decorreu no 2º semestre do 2º ano de mestrado, para a satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Engenharia Civil no ramo de estruturas, concedido pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica na qual são analisados os ensaios de campo utilizados, identificadas as principais anomalias associadas a fundações, descritos os métodos de dimensionamento e os princípios de cálculo da capacidade resistente do maciço terroso, assim como o tipo de interação que ocorre entre a estrutura e o maciço de fundação.

É utilizado um programa de cálculo automático baseado no método dos elementos finitos (Robot Structural Analysis) para modelar a estrutura, o comportamento do solo e obter os esforços de dimensionamento.

O dimensionamento de cada tipo de fundação foi efetuado com base nos dados dos ensaios de campo fornecidos (SPT, DPM), que permitiram a caracterização geológica e geotécnica do terreno de fundação e posterior obtenção dos parâmetros do solo através de correlações.

Os parâmetros de cálculo e os critérios de dimensionamento aplicados baseiam-se, essencialmente, no conjunto de Eurocódigos atualmente disponíveis, que estão referenciados ao longo de todo este trabalho. Pontualmente, em alguns casos concretos, recorreu-se a outra literatura especializada.

No que respeita à análise de interação solo-estrutura é efetuado um estudo comparativo dos esforços atuantes em alguns elementos da estrutura, para as situações de sapatas com apoios rígidos e com apoios elásticos, simulando a diferente deformabilidade do solo.

No final do trabalho são realizadas análises de sensibilidade com objetivo de verificar a influência de alguns parâmetros no comportamento das fundações, tais como, a variação da posição do nível freático, a variação do módulo de reação e a variação da espessura do ensoleiramento geral.

**Palavras-chave:** Fundação superficial; Fundação profunda; Ensoleiramento geral; Interação solo-estrutura; Capacidade resistente; Anomalia.

Orientador: Professor Tiago Sarmento Sabino Domingues (ISEP)

## **DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO E METÁLICAS**

**Filipe Amaro de Sá Afonso**

O presente relatório visa abordar o trabalho desenvolvido durante o período de estágio curricular enquadrado no ciclo de estudos do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O referido estágio desenvolveu-se ao longo de seis meses, desde fevereiro até julho de 2017, na empresa CCAD – Serviços de Engenharia, Lda., em ambiente de gabinete, para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.

Pretende-se, inicialmente, apresentar a empresa e abordar superficialmente os projetos desenvolvidos durante o período vigente. Serão apresentados de forma mais abrangente os conceitos de dimensionamento de estruturas metálicas e de betão armado, tendo em consideração as propriedades dos materiais e a determinação das ações atuantes, de acordo com o estabelecido pela legislação em vigor, nomeadamente o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (R.S.A.) e o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (R.E.B.A.P.). As metodologias de verificação de segurança dos elementos estruturais também serão explicitadas de acordo com o preconizado pelos Eurocódigos 2 e 3.

Finalmente, apresentar-se-ão os projetos do Continente Bom Dia e do Reservatório de Água, bem como as metodologias de cálculo empregues durante a sua execução. O primeiro aborda uma vasta variedade de soluções estruturais em betão armado e aço, o segundo incide apenas nas estruturas de betão armado, com especial atenção ao fenómeno da fendilhação. No final serão tecidas algumas considerações relativas a todo este processo de estágio e trabalho desenvolvido.

**Palavras-chave:** Estágio curricular; Estruturas de betão armado; Estruturas metálicas; Dimensionamento.

Orientador: Professor José Carlos de Almeida Gouveia Lello (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Pedro Miguel Monteiro Silva (CCAD – Serviços de Engenharia, Lda.)

## **FERRAMENTA PARA INTEGRAÇÃO DE RESULTADOS DE ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS EM MODELOS BIM**

**Francisco Saavedra Ribeiro Limpo de Faria**

O presente relatório tem como principal objetivo descrever o trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular no laboratório central pertencente à Senqual, empresa que efetua serviços de consultoria e controlo de qualidade na área da construção civil.

No decorrer do estágio, o aluno colaborou na realização de vários ensaios em laboratório, provenientes de obras de infraestruturas onde a Senqual fez o controlo de qualidade de materiais, sendo na sua maioria controlo de betões e agregados.

O tema principal deste relatório foi o desenvolvimento de uma ferramenta, que permite fazer a integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais, em modelos BIM. As ferramentas BIM utilizadas foram o software Revit e Dynamo, ambas da empresa Autodesk.

O caso de estudo apresentado pelo autor é uma moradia unifamiliar, onde foi realizado o controlo de qualidade do betão em obra. Neste controlo de qualidade foram realizados ensaios de abaixamento (Slump Test) e ensaios de resistência à compressão de provetes. Desta forma, o autor analisou os resultados obtidos nos ensaios e através da ferramenta criada realizou a sua interligação no modelo BIM da estrutura.

**Palavras-chave:** BIM; Revit; Dynamo; Ensaio de abaixamento (Slump Test); Ensaio de resistência à compressão de provetes; Senqual.

Orientador: Professor Ricardo Manuel Pereira Santos (ISEP)

Supervisora: Engenheira Cristina Alves Ribeiro (Senqual)

## **AUTOMATIZAÇÃO DA MODELAÇÃO BIM DE ARMADURAS NO PROJETO DE ESTRUTURAS**

**Henrique João de Campos Pires**

A pormenorização de lajes é um processo moroso e repetitivo que requer bastantes horas de trabalho por parte de desenhadores especializados ou até mesmo de engenheiros projetistas. O BIM veio alterar este paradigma, introduzindo novas funcionalidades e novas ferramentas que apoiam o engenheiro de estruturas, permitindo criar algoritmos para automatizar este tipo de tarefas que consome demasiado tempo, quando executadas manualmente.

O uso da metodologia BIM tem como objetivos melhorar a visualização das armaduras nos modelos e possibilitar a partilha de informação entre o projeto e a montagem. A modelação BIM de armaduras no projeto de estruturas, em lajes de betão armado, ainda é uma atividade muito recente, necessitada de ser estudada e melhorada no que respeita à sua automatização. Existe muito pouca informação disponível e poucos softwares BIM com capacidade de modelar, de uma forma automática. Por essa razão, os projetistas ainda preferem os métodos tradicionais como o CAD.

O objetivo desta dissertação passa pela criação automática de elementos tridimensionais de armaduras em lajes maciças a partir do dimensionamento, em modelos BIM da estrutura. Neste sentido, o presente trabalho tem por base a criação de um algoritmo capaz de automatizar a modelação 3D de armaduras em lajes simplesmente apoiadas. Foi desenvolvida uma folha de cálculo automática no Excel que permite o dimensionamento da laje. É apresentado um fluxo de trabalho entre Robot – Excel – Dynamo – Revit. Paralelamente, e como complemento ao objetivo proposto, foi desenvolvido um algoritmo com capacidade de automatizar a modelação de armaduras em lajes encastradas nos quatro bordos. Deste modo, cria-se um fluxo de trabalho automático, possibilitando a visualização das armaduras no modelo BIM, bem como a extração de mapa de quantidades.

De forma a avaliar as ferramentas desenvolvidas, será apresentado um caso de estudo, de forma a ilustrar a sua aplicabilidade e interesse prático.

**Palavras-chave:** Modelação de armaduras; Dynamo; BIM.

Orientador: Professor Carlos Filipe Guedes Rodrigues (ISEP)

Supervisor: Engenheiro José Carlos Basto Lino (NEWTON – Consultores de Engenharia)

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE NORMAS PARA AVALIAR O EFEITO DE PUNÇÃO EM LAJES PLANAS DE CONCRETO ARMADO**

**Jaqueline Silva Trigo**

Para efeitos arquitetônicos têm-se removido as vigas das lajes, sendo então chamadas de lajes planas. Mesmo dando uma melhor estética para a laje, existem desvantagens na sua implementação como, por exemplo, a concentração de tensões cisalhantes atuantes em torno dos pilares, junto a estas lajes, magnificando o efeito de punção. Em situações especiais, pode ocorrer um colapso progressivo da laje. As normas NBR 6118 (2014) e Eurocódigo 2 (EN 1992-1-1; 2010) trazem modelos de cálculo e diretrizes para calcular as armaduras e verificar a segurança para esse tipo de situação. Nesta dissertação, estas normas foram utilizadas para nortear o projeto inspirado no estudo de caso do estacionamento Pipers Row, onde houve colapso da laje em torno de um pilar do quarto andar, devido ao efeito de punção, ocasionando um colapso progressivo da estrutura. A partir dos resultados obtidos, foi feita uma comparação entre as normas, mostrando as distintas metodologias utilizadas.

**Palavras-chave:** Punçamento; Concreto armado; Lajes planas; Norma brasileira; Norma europeia; Eurocódigo.

Orientadora: Professor Isabel Maria Alvim Teles (ISEP)

Coorientador: Professor Henrique Furia Silva (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **MUROS DE SOLO REFORÇADO COM PNEUS. INSTRUMENTAÇÃO DE MODELO FÍSICO E MODELAÇÃO NUMÉRICA**

**Joana Catarina da Silva Cardoso**

A quantidade de pneus em fim de vida, abandonados ao ar livre, levou à implementação de normas em diversos países com o objetivo de mitigar os impactos ambientais associados a essa prática frequente.

Foram então criados sistemas de gestão para garantir um destino ambientalmente aceitável para os pneus em fim de vida. Os pneus são encaminhados para esses sistemas de gestão de resíduos.

A reciclagem de um pneu é um processo que requer grandes dificuldades técnicas e económicas, pelo que se torna imperativa a diversificação de formas da sua valorização. A integração de pneus no setor da construção civil é uma das opções válidas para essa valorização.

O presente trabalho tem como objetivo a validação de uma solução de estrutura de solo reforçado com pneus, preenchidos com solo, estendendo a esta tipologia de estruturas a técnica de Pneusol, patenteada por Long, Nguyen Thanh, em 1984.

Procedeu-se a uma revisão bibliográfica do tema, concebeu-se e materializou-se um modelo físico à escala reduzida e desenvolveu-se o correspondente modelo numérico, recorrendo ao programa de cálculo automático RS2, da Rocscience, com o intuito de avaliar o desempenho desta tecnologia construtiva.

O modelo físico foi instrumentado com células de pressão, instaladas no aterro suportado, e com transdutores de deslocamentos aplicados no paramento da estrutura.

Ensaaiaram-se duas geometrias de reforço do solo e três diferentes sobrecargas, comparando-se os resultados obtidos no modelo físico com os fornecidos pelo modelo numérico com formulação por elementos finitos, permitindo a respetiva calibração.

**Palavras-chave:** Pneus; Solo reforçado; Pneusol; Modelo à escala reduzida; Elementos finitos; RS<sup>2</sup>; Instrumentação.

Orientador e Supervisor: Professor José Filinto Castro Trigo (ISEP / Laboratório de Estruturas do DEC|ISEP)

## **METODOLOGIAS DE ABORDAGEM DE CENÁRIOS DE INSTABILIZAÇÃO GEOTÉCNICA. CASOS DE ESTUDO**

**João Filipe Magalhães Fernandes**

As manifestações de instabilizações de índole geotécnica são frequentes e assumem configurações diversas, podendo incluir ou não estruturas fundadas na zona envolvente. Em ambientes terrosos ou rochosos, as causas destas instabilizações são variadas e associam-se, frequentemente, às condições ambientais e às inadequadas conceções ou construções das estruturas geotécnicas, no caso de cenários em que ocorreu a intervenção humana.

O presente relatório traduz o percurso de um estágio realizado no Núcleo de Estudos da Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, entre Janeiro e Outubro, que envolveu a participação em quatro casos de estudo.

O tema central do estágio é abordado em dois casos de estudo sobre dois taludes com manifestações de instabilidade, e num outro relacionado com a ocorrência de vários desabamentos numa encosta, onde se encontram localizadas minas de água e implantado um aglomerado habitacional. O quarto caso de estudo é relativo à conceção de uma obra de arte a instalar numa área de montanha, caracterizada por uma significativa heterogeneidade litológica.

O relatório apresenta, inicialmente, uma revisão bibliográfica sobre maciços rochosos e taludes, apresentando também os programas de cálculo automático usados no desenvolvimento dos quatro casos de estudo.

Os dois casos de estudo relacionados com taludes foram tratados de forma integral: desde a inspeção e a recolha fotográfica até à avaliação da respetiva segurança e à proposta de uma solução de proteção. O caso de estudo associado às minas de água envolveu uma fase de recolha documental, de registo fotográfico e de inspeção estrutural, tendo evoluído até à identificação da compatibilidade entre as anomalias dos edifícios e as instabilizações registadas, culminando com a definição de um plano de observação a implementar.

Destaca-se, neste estágio, a utilização de um “drone” para registo fotográfico e apoio à produção de um modelo tridimensional dos taludes, e a utilização dos programas de cálculo da *Rocscience – Swedge, Rocfall, Slide e RocData* – para avaliação da estabilidade dos taludes e suporte da solução de proteção.

**Palavras-chave:** Maciços rochosos; Instabilidade; Queda de blocos; Inspeção; *Rocfall*; *Swedge*; *Slide*; *RocData*; Redes de aço.

Orientador e Supervisor: Professor José Filinto Castro Trigo (ISEP / NEC – Núcleo de Estudos da Construção)

## **SUORTE BIM À FASE DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO ATRAVÉS DE PLATAFORMAS COLABORATIVAS**

**João Paulo Teixeira Santos**

A dificuldade de comunicação entre os intervenientes das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção, durante a execução de uma obra, é de referência comum. Esta dificuldade resulta muitas vezes em derrapagens orçamentais e erros de projeto por falta de interpretação ou por omissão.

A adoção da metodologia BIM comporta uma série de mais valias na promoção do trabalho colaborativo entre os elementos de projeto e, em última instância, em toda a indústria da construção civil. Através da adoção de guias, normas, manuais e outros documentos, esta metodologia serve de auxílio a gabinetes de Engenharia e empresas de Construção na integração do trabalho colaborativo nas suas práticas.

O presente relatório apresenta a base para o desenvolvimento de uma plataforma de ambiente colaborativo através de programação Web. O estudo visou a exploração e utilização de ferramentas de gestão de projeto, colaboração e visualização de modelos 3D, apontando as mais valias e as limitações das mesmas nesta área. Através de um estudo sumário da legislação Portuguesa aplicável à execução de projetos, em particular a Portaria nº 701-H/2008, foi possível contextualizar o processo das atividades de um gabinete de projetos de Engenharia e adaptá-lo a uma dessas plataformas colaborativas.

**Palavras-chave:** BIM; Plataforma colaborativa; Web Programming; Gestão de Projetos.

Orientador: Professor Ricardo Manuel Pereira Santos (ISEP)

Supervisor: Engenheiro José Carlos Basto Lino (BIMMS – BIM Management Solutions)

## **PROSPEÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO: MAPEAMENTO**

**Luis Filipe Carvalho Príncipe Araújo**

O presente documento está relacionado com o estágio realizado na empresa Senqual – Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda., em Valadares, Vila Nova de Gaia.

Durante o estágio foram realizadas atividades relacionadas com ensaios de controlo de qualidade dos materiais, assim como atividades de prospeção de armaduras com diversos equipamentos de deteção de armaduras.

Neste relatório estão mencionados todos os procedimentos de alguns desses ensaios, assim como a importância dos mesmos do ponto de vista do cliente.

São apresentados os resultados obtidos em laboratório e em campo, através do uso de três equipamentos diferentes de deteção de armaduras, sendo inicialmente feita uma breve descrição dos mesmos.

O estudo realizado demonstra que nem sempre existe uma exatidão total da deteção das armaduras, sendo que em certos casos é possível obter valores mais exatos do que noutros casos.

Procurou avaliar-se igualmente a precisão dos equipamentos utilizados e identificar as situações em que a precisão dos mesmos era afetada.

**Palavras-chave:** Deteção de armaduras; Ensaios não-destrutivos; Controlo de qualidade, Estágio curricular, Senqual.

Orientador: Professor Paulo Augusto Ribeiro Guedes (ISEP)

Supervisora: Doutora Cristina Alves Ribeiro (SENQUAL)

## **PROJETOS DE ESTABILIDADE DE ESTRUTURAS METÁLICAS E DE BETÃO ARMADO**

### **Márcia Monteiro Mesquita**

Este relatório é redigido com o objetivo de descrever os trabalhos desenvolvidos no decorrer do estágio curricular integrado no plano de estudos do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de estruturas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.

O estágio decorreu na empresa CCAD – Serviços de Engenharia, Lda, com uma duração de seis meses. Durante o período de estágio o estudante integrou a equipa de projeto de estruturas e esteve afeto a diversos projetos de estabilidade de estruturas metálicas e de betão armado.

O relatório inicia-se com um enquadramento geral, onde se apresenta a empresa e o estágio realizado. De seguida, apresenta-se uma fundamentação teórica onde se estabelecem recomendações gerais, com recurso às normas europeias, de forma a garantir a durabilidade e o bom funcionamento das estruturas. São apresentadas as normas e os softwares utilizados e aborda-se o dimensionamento de elementos estruturais metálicos e em betão armado. O relatório termina com a apresentação dos diversos trabalhos realizados.

**Palavras-chave:** Estágio; Projeto; Estruturas metálicas; Estruturas de betão armado.

Orientador: Professor José Carlos de Almeida Gouveia Lello (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Miguel Monteiro Carvalho (CCAD – Serviços de Engenharia, Lda.)

## **ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS DE BETÃO**

**Maria Beatriz Silva Santos Ferreira**

O betão é um material usado para a construção de inúmeros edifícios e estruturas, tornando-se necessário exercer um controlo antes, durante e após a construção, pelo que é necessária a existência de métodos fiáveis e capazes de o garantir. Do ponto de vista do engenheiro, a resistência é um parâmetro fundamental do dimensionamento de estruturas novas ou de reforço de existentes.

Neste contexto, o presente documento pretende dar um contributo no estudo e caracterização do betão, através de ensaios destrutivos e não destrutivos. É apresentada a importância e a utilidade da realização dos mesmos, quer em estruturas existentes ou novas. Estão sintetizados procedimentos de cada ensaio e o respetivo equipamento, segundo a regulamentação nacional, sempre que possível.

O presente relatório procura, através da realização de um programa experimental, com três casos de estudo, entender o comportamento do betão endurecido e verificar a fiabilidade e a eficiência entre a relação de ensaios destrutivos e não destrutivos.

**Palavras-chave:** Betão; GRC; Ensaios destrutivos; Ensaios não destrutivos.

Orientador: Professor Paulo Augusto Ribeiro Guedes (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Francisco Quintas Araújo (EUROMODAL – Soluções para Betão)

## **MÉTODOS DE DETEÇÃO DE DANOS BASEADOS NA RESPOSTA ESTÁTICA DA ESTRUTURA – APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO DA PONTE DE LANHESES**

**Maria Eugénia Merlin Pastorello**

O funcionamento indevido de uma estrutura civil pode causar diversos problemas e transtornos sociais se não corrigido a tempo. Nos dias atuais, é cada vez mais necessário conhecer o comportamento estrutural, uma vez que muitas obras de arte estão no final de sua vida útil estimada em projeto. Assim, surge o conceito de monitoração da integridade estrutural, com o intuito de monitorar e antecipar problemas estruturais que possam ser gerados durante a fase de serviço e auxiliar na manutenção.

As técnicas de detecção de danos fazem parte do processo de monitorização e são cada vez mais comuns quando se trata de estruturas de grande porte. Podem distinguir-se estas técnicas em abordagens baseadas em modelo numérico e em dados, a partir de monitorização estática ou dinâmica, ou ainda as duas em conjunto. A monitorização estática engloba a observação de grandezas de carácter estático, como os deslocamentos, as deformações ou as rotações, enquanto a monitorização dinâmica utiliza fatores como o comportamento modal e frequências de vibração.

Neste trabalho será retratado o conceito de monitorização estrutural e apresentados alguns métodos de detecção de danos baseados na resposta estática da estrutura. De entre os métodos estudados aplicou-se a regressão linear múltipla, a análise de componentes principais e uma junção destes dois, buscando a identificação de danos na ponte em estudo, a Ponte de Lanheses, através de um gráfico de controlo multivariado. O uso destes métodos permitiu também fazer uma análise da eficiência do sistema de monitorização instalado na ponte na detecção de danos.

**Palavras-chave:** Detecção de danos; Resposta estática; Regressão linear múltipla; Análise de componentes principais.

Orientador: Professor Carlos Manuel da Silva Félix (ISEP)

Coorientadores: Professor Carlos Filipe Guedes Rodrigues (ISEP) e Professor Matheus Henrique Dal Molin Ribeiro (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **PROJETO DE DUAS PONTES PEDONAIIS INSERIDAS NUM CIRCUITO JUNTO AO RIO NEIVA**

### **Marisa Sofia Lima Carvalho**

O presente projeto tem como objetivo a conceção e o dimensionamento de duas pontes pedonais sobre o rio Neiva, a ponte do Açude e a ponte da Foz. Estas pontes permitirão a ligação entre as freguesias de São Paio de Antas e Castelo de Neiva, através de dois pontos que se inserem num novo percurso pedonal, promovendo o melhoramento da zona ribeirinha das localidades abrangidas.

Os sistemas estruturais adotados são uma ponte em arco projetada em betão armado, a ponte do Açude, e uma ponte com uma solução mista, com um tabuleiro metálico e com cabos de aço suspensos de um arco de betão armado, a ponte da Foz.

Primeiramente, são referidas e definidas todas as condicionantes dos locais, nomeadamente a topografia envolvente, as condições hidrológicas e geotécnicas e enquadramento ambiental e paisagístico.

Numa segunda fase, procede-se ao desenvolvimento da conceção das estruturas e à sua implantação, considerando os aspetos geométricos que melhor se ajustam.

Os regulamentos europeus e nacionais serão utilizados como base de cálculo estrutural, particularmente os Eurocódigos 1 e 8, bem como uma abrangente bibliografia de boas práticas construtivas para pontes pedonais. As duas pontes serão modeladas num programa de elementos finitos, procedendo-se à respetiva análise estática e dinâmica.

Após análise dos esforços resultantes das combinações relativas aos vários estados limites, será feito o dimensionamento de todos os elementos estruturais. Serão seguidos os Eurocódigos 2 e 3, para dimensionamento dos elementos de betão e aço, respetivamente, garantindo que todos os aspetos de verificação da segurança serão devidamente cumpridos.

**Palavras-chave:** Pontes pedonais; Ponte em arco; Ponte mista; Análise estática; Análise dinâmica.

Orientador: Professor Carlos Filipe Guedes Rodrigues (ISEP)

## **CALIBRAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM MODELO NUMÉRICO DA PONTE FERROVIÁRIA DE SÃO LÁZARO**

**Sandra Cristina Barbosa Queirós**

A presente dissertação tem como principal objetivo a calibração experimental de um modelo numérico de uma ponte ferroviária metálica. O trabalho envolveu a realização de uma análise experimental do comportamento dinâmico da ponte, mediante a condução de um ensaio de campo, a modelação numérica da estrutura e sua subsequente calibração.

O objeto de estudo foi a ponte de São Lázaro, localizada na linha do Tâmega, atualmente desativada, e que estabelecia a ligação entre as estações da Livração e de Arco de Baúlhe. Trata-se de uma ponte metálica treliçada, de vão único com uma extensão total de 40,61 metros.

Para tal, foi inicialmente desenvolvido um modelo de elementos finitos com recurso ao programa *Robot Structural Analysis*, tendo por base um levantamento geométrico especificamente realizado para o efeito. Após o desenvolvimento do modelo foi realizado um ensaio dinâmico com o objetivo de identificar as frequências naturais, os modos de vibração e os coeficientes de amortecimento da estrutura. Neste ensaio foram utilizados acelerómetros piezoelétricos para medição das acelerações experimentadas pela estrutura face às ações ambientais.

Com os resultados obtidos no ensaio foi possível proceder à calibração manual do modelo, através de um processo de otimização iterativo, no qual se procurou minimizar os desvios dos parâmetros modais numéricos e experimentais, de forma a traduzir adequadamente o comportamento real da ponte. Os parâmetros que revelaram ser mais importantes nas respostas modais foram o módulo de elasticidade do aço e a rigidez transversal e longitudinal dos aparelhos de apoio. Com o intuito de obter um adequado emparelhamento entre os modos de vibração estimados numericamente e medidos experimentalmente, foi adotado um critério energético de garantia modal (MAC), com recurso a uma rotina desenvolvida em MatLab. O modelo calibrado apresentou um erro médio das frequências na ordem de 5,15% e um MAC médio próximo de 89,90%, permitindo uma melhoria significativa fase ao modelo numérico inicialmente desenvolvido.

**Palavras-chave:** Integridade estrutural; Ponte ferroviária metálica centenária; Modelo numérico; Ensaio de vibração ambiental; Frequências naturais; Modos de vibração; Calibração.

Orientador: Professor Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro (ISEP)

Coorientadores: Doutor Bruno José Afonso Costa (FEUP) e Professor Jorge Magalhães Mendes (ISEP)

## **INSPECÇÃO, DIAGNÓSTICO E REABILITAÇÃO ESTRUTURAL. CASOS DE ESTUDO**

### **Tiago Gabriel Costa Campelo**

O presente documento apresenta um resumo das actividades desenvolvidas durante o período estágio curricular na empresa NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda, e tem como objetivo transmitir o conhecimento e experiência adquiridos ao longo do estágio.

É abordado o tema da inspecção, diagnóstico e intervenção na reabilitação de edifícios, destacando a importância de uma análise mais profunda dos edifícios, onde a inspecção e o diagnóstico emergem como ferramentas essenciais na intervenção final. O trabalho realizado teve como base dois casos de estudo desenvolvidos ao longo do período de estágio, nomeadamente um museu e dois armazéns vinícolas. Para o caso de estudo do museu é realizada uma descrição do edifício, caracterização estrutural, os danos observados e possíveis causas para a sua ocorrência. A campanha de inspecção realizada foi acompanhada por ensaios *in situ* que posteriormente foram analisados e alvo de comentários. O caso de estudo do museu contém ainda uma organização cronológica das intervenções realizadas, que permitiu datar a idade dos elementos estruturais existentes no edifício, assim como danos que ainda perduram. Foi realizada também a modelação numérica e a avaliação de segurança estrutural para acções verticais e horizontais do edifício do museu.

O caso de estudo dos armazéns vinícolas abrange a componente de inspecção e diagnóstico às coberturas de dois armazéns e estende-se até à fase de projecto de reforço estrutural. Foi realizada uma caracterização estrutural, apresentação das anomalias observadas e avaliação do estado de conservação, complementadas com a realização de ensaios *in situ*. Por último, é realizada uma avaliação de segurança e avaliada a necessidade de intervenção, sendo ainda sugeridas as principais medidas de intervenção global que se consideram importantes realizar, bem como o respectivo dimensionamento, mediante as conclusões retiradas da inspecção.

Por último, apresentam-se trabalhos desenvolvidos internamente para optimização de processos e cálculo, como a criação de uma macro de repetição de tarefas para organização dos ensaios realizados com Resistograph®. Além deste desenvolvimento, foi criada também uma folha de cálculo para o cálculo do reforço de pavimentos existentes em madeira, recorrendo a peças de madeira.

**Palavras-chave:** Reabilitação estrutural; Inspecção; Diagnóstico; Estruturas de Madeira.

Orientador: Professor Alexandre Anibal Meira Guimarães da Costa (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Tiago Ilharco de Moura de Pinho Dias (NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda.)



Mestrado em Engenharia Civil

# GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Politécnico do Porto





## **CONCURSO PÚBLICO, FISCALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO DE EMPREITADA DO PAVILHÃO DE AVINTES**

**Carlos Filipe Guedes Silva**

A entrada em vigor do Código dos Contratos Públicos (CCP), em 2008, provocou inúmeras, e bastante significativas, alterações em relação aos procedimentos de execução contratual, mudando procedimentos enraizados na indústria da construção.

Com este trabalho, pretende-se abordar os procedimentos de contratação mais habituais, a partir da experiência desenvolvida através de um estágio académico realizado numa entidade sujeita à aplicação do CCP – Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, e descrever um caso real de aplicação do referido Código num concurso realizado nessa autarquia, para contratação de uma empreitada de obras públicas. Este trabalho enquadra-se assim, numa visão de legislação em causa, na perspetiva das entidades adjudicantes nela identificadas e com a maior incidência num tipo de procedimento muito utilizado – o Concurso Público, na perspetiva de uma entidade adjudicante que assumirá a função de Dono de Obra. Para isso, procurando evitar uma linguagem complexa, até por não se tratar de um trabalho desenvolvido no contexto de uma formação superior na área jurídica, este relatório analisará detalhadamente os procedimentos previstos no CCP, desde a decisão para contratar até à consignação da obra.

Tendo como principal foco o Código de Contratos Públicos, o relatório engloba ainda uma análise quanto à evolução da contratação pública, aos princípios aplicáveis e essencialmente sobre o que são os contratos públicos, e com especial relevância o contrato de empreitada de obras públicas.

**Palavras-chave:** Código de Contratos Públicos, Guia de Procedimentos, Dono de Obra, Concurso Público.

Orientador: Professor Jaime António Pires Gabriel Silva (ISEP)

Coorientador: Professor Jorge José de Magalhães Mendes (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Rui André Ferreira Ramos (Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia)

## **IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM-FM A UMA UNIDADE DESPORTIVA – COMPLEXO DE PISCINAS DE CAMPANHÃ**

**Diana Micaela Bastos Silva**

A gestão e a manutenção dos edifícios ainda não é o paradigma a ser utilizado pelos Promotores das edificações, mas tem sido, nos últimos tempos, uma das maiores preocupações dos investidores no setor da construção.

O recurso à construção sustentável requer que os edifícios se encontrem munidos de ferramentas capazes de executar uma gestão e manutenção da estrutura desde o seu planeamento até à fase de uso da mesma. O recurso à designada gestão preventiva, para a vida útil do edifício, possibilita a constituição dos históricos da manutenção, da monitorização dos consumos e custos, do controlo de custos com as atividades de manutenção do edifício, e da geração de relatórios e análises de indicadores de manutenção.

Para que tal seja possível e fidedigno, foram criadas metodologias capazes de executar este tipo de gestão requerida, como é o caso do BIM e do FM, dando uma multidisciplinaridade de ferramentas capazes de executar tarefas de grande importância na análise quantitativa, para a melhor funcionalidade de um edifício.

Este relatório, resulta de um desafio lançado pela PortoEstádio, e que advém na busca de respostas, no sentido de garantir um melhor funcionamento e monitorização do Complexo de Piscinas de Campanhã.

Assim, apresenta-se uma metodologia para análise do sistema de gestão de manutenção aplicado ao Complexo de Piscinas de Campanhã, na qual se apontam vantagens com o planeamento a longo prazo da manutenção e como desvantagem a não existência dos indicadores desenvolvidos para complexos de piscinas.

**Palavras-chave:** BIM; FM; Gestão de edifícios; Manutenção, piscinas.

Orientador: Professor José Carlos Pinto-Faria (ISEP)

Supervisores: Engenheiro José Carlos Basto Lino (BIMMS) e Engenheiro Ricardo Carvalho (PortoEstádio)

## **ANÁLISE DE RISCO NA CONSTRUÇÃO UMA ABORDAGEM DE GESTÃO EM PME BRASILEIRA**

**Eduardo Bossi Araujo Alves de Godoy**

Este trabalho apresenta conceitos e métodos sobre gestão do risco, inserido no contexto do Sistema de Gestão de pequenas e médias empresas (PME) brasileiras. Explana sobre a evolução da Qualidade e da sua importância no cenário de mercado competitivo. Apresenta alguns conceitos sobre o risco e a gestão do risco, normalizados e utilizados internacionalmente. Oferece uma estruturação de avaliação de risco, nomeado "guia de procedimentos" de gestão de risco para PME brasileiras, com foco nas metodologias da International Organization for Standardization (ISO) 31000 e das metodologias Committee of Sponsoring Organizations of the Threadway Commission (COSO). Apresenta possíveis cenários de estudos de casos que utiliza o guia de procedimentos desenvolvido, o trabalho finaliza a concluir a importância da gestão de risco nas PME, para que se destaquem no mercado.

**Palavras-chave:** Gestão de risco; Pequenas e médias empresas; Guias de procedimentos; Gestão da qualidade..

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

Coorientador: Professor Edson de Almeida Rego Barros (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **AVALIAÇÃO DO IMÓVEL DO "CAFÉ MAJESTIC"**

**Flávio Júnio Pereira Lúcio**

A dissertação intitulada "Avaliação do Imóvel do "Café Majestic"" surge com o intuito de estimar o valor presumível de transação do imóvel em virtude das suas características arquitetónicas, históricas e sociais.

Introduzindo inicialmente o conceito de património, herança cultural, antiqualha, entre outras noções que se tem vindo a desenvolver desde os nossos antepassados até à atualidade, dirigindo a que na atualidade o enquadramento legislativo sobre património, nomeadamente a conservação do mesmo esteja adequadamente adaptada às necessidades dos imóveis históricos ou classificados. Ainda segundo a Direção Geral do Património Cultural, apresenta-se o processo de classificação de bens imóveis em Portugal, de acordo com três classificações distintas, Monumento Nacional (MN) ou Interesse Nacional (IN), Imóvel de Interesse Público (IIP) ou Imóvel de Interesse Municipal (IIM), os órgãos competentes pela atribuição e os critérios de apreciação da classificação. Por fim, apresentam-se três exemplos de imóveis emblemáticos, de interesse cultura e classificados, na cidade do Porto – o Quiosque dos STCP, o Coliseu do Porto e o Hospital Geral de Santo António.

A avaliação imobiliária, avaliação que visa a estimação do valor de um imóvel, com um interesse final subjacente, no arrendamento, na venda ou na compra, obtendo assim um valor monetário que pode possuir diferentes significados, como o valor de mercado, o valor de rendimento, e o valor patrimonial, entre outros. Para além disto, existem diversas situações diferenciadas que podem levar à necessidade da realização de uma avaliação imobiliária como a análise financeira das empresas, análise para um fundo de investimento imobiliário, para seguros, hipotecas, crédito bancário, entre outros. Assim, face à existência de diversos métodos de avaliação imobiliária, será dado o enfoque a dois: Método do Custo e o Método do Rendimento.

O caso de estudo selecionado para a aplicação dos métodos identificados, é o do "Café Majestic", está classificado como Imóvel de Interesse Público (IIP), de acordo com a definição da Direção-Geral do Património Cultural. O edifício, da autoria do arquiteto João Queiroz e inaugurado em 1921, é popular por possuir um estilo arquitetónico da Arte Nova, mantendo o seu aspeto interior e exterior preservado desde então. É resultado da investigação feita na Divisão Municipal do Arquivo Histórico e Divisão Municipal de Arquivo Geral da Câmara Municipal do Porto, o que facilitou a obtenção do Presumível Valor de Transação do imóvel, de uma forma mais concreta e realista possível.

**Palavras-chave:** "Café Majestic"; Património; Imóvel de Interesse Público; Avaliação Imobiliária.

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

## **AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS SEGUNDO AS NORMAS BRASILEIRAS**

**Helena Alves Brandileone**

Diante da importância da movimentação do mercado imobiliário no cenário econômico brasileiro, o estudo sobre a avaliação de imóveis surge como uma vertente essencial. Muitas vezes, a subjetividade com que são realizadas as avaliações imobiliárias, cuja escolha da metodologia e critérios dependem frequentemente do profissional em atividade, pode acarretar equívocos preocupantes. Assim, é importante que os avaliadores encontrem normativas objetivas que possam servir como base para os mesmos. Por esse motivo, foi realizada uma análise da norma brasileira de avaliação de imóveis urbanos, a ABNT NBR 14653-2, a fim de levantar os seus principais pontos, principalmente no que diz respeito ao Método Comparativo Direto, buscando encontrar meios de aumentar a objetividade das avaliações, através da inserção de variáveis e de fatores de homogeneização, por exemplo. Além disso, buscou-se, por meio de um estudo de caso nas regiões das operações urbanas Água Espraiada e Faria Lima, ambas na cidade de São Paulo, demonstrar a interferência dos fatores externos no valor de um imóvel urbano.

**Palavras-chave:** Avaliação imobiliária; Norma Brasileira; Fator externo; Operações urbanas.

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

Coorientador: Professor Alfredo Mario Savelli (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **GESTÃO DE PATOLOGIAS NO BAIRRO DO ORREIRO**

**José Miguel da Silva Ferreira Rodrigues**

O presente documento descreve o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular realizado na Câmara Municipal de São João da Madeira, cujo assunto está inserido num tema muito atual e relevante nos dias de hoje, que é a reabilitação de edifícios. O caso de estudo abordado neste trabalho insere-se na fase de levantamento de patologias na reabilitação do bairro do Orreiro, um dos três bairros sociais existentes na cidade de São João da Madeira, que a Câmara Municipal está a implementar.

O estágio efetuado decorreu entre Fevereiro e Junho, teve como objetivo a conclusão do Mestrado em Engenharia Civil, na área de Gestão na Construção, no Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi elaborado no âmbito da disciplina de DIPRE.

O relatório aborda, inicialmente, a posição de Portugal na Europa relativamente à reabilitação de edifícios, os tipos mais frequentes das anomalias que afetam os edifícios e as consequentes patologias. Posteriormente, apresenta o caso de estudo associado à gestão de patologias no Bairro do Orreiro, consistindo em três fases principais: i) a identificação de patologias; ii) o diagnóstico de causas; iii) e a conceção de soluções.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Edifícios; Anomalias; Patologias.

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

Supervisor: Arquiteto Joaquim Manuel Gonçalves Milheiro (Câmara Municipal de São João da Madeira)

## **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE ATIVOS NUMA EMPRESA DO SETOR DO SANEAMENTO BÁSICO**

**Lisete Marisa Baptista Moreira**

O trabalho desenvolve-se no contexto da Gestão de Ativos e tem como objetivos a aplicação de metodologias de gestão do risco e de um indicador focado na avaliação dos gastos de substituição e reabilitação, num sistema de drenagem de águas residuais. A Gestão de Ativos, ou a Gestão Patrimonial de Infraestruturas, tem ganho cada vez mais visibilidade em várias áreas e designadamente na área do saneamento básico, sendo este um dos principais motivos para o desenvolvimento deste relatório, baseado num estágio académico realizado na empresa SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A.

Assim, aplica-se uma metodologia de gestão do risco, que a empresa pode utilizar futuramente no planeamento dos seus investimentos, e desenvolve-se a utilização de um indicador representativo da gestão de ativos, tendo-se escolhido, para o efeito, o Índice de Valor da Infraestrutura (IVI).

A metodologia de gestão do risco utilizada, baseia-se na aplicação das matrizes de risco, existentes no Grupo Águas de Portugal, SGPS, S.A. (AdP), a que a SIMDOURO pertence, adotando os critérios de avaliação do risco definidos previamente pelo Grupo AdP em trabalhos que vem desenvolvendo no contexto da gestão de ativos. Com base no nível de risco, é possível definir as prioridades de intervenção em termos de monitorização, manutenção ou reabilitação dos ativos.

O cálculo do Índice de Valor da Infraestrutura (IVI) foi inicialmente realizado em folhas de cálculo EXCEL, do MICROSOFT OFFICE, e posteriormente, com base num outro *software*, o AWARE-P da BASEFORM. Este *software* permite gerar gráficos com informação acrescida, incluindo a possibilidade de traduzir graficamente a evolução previsional do IVI ao longo do tempo, mediante determinados pressupostos. Foram também obtidas estimativas do custo de substituição/reabilitação, que permitem às entidades gestoras, avaliar o investimento futuro necessário.

Assim, tendo presente que, nas entidades gestoras, os recursos financeiros disponíveis são escassos e que é indispensável fazer face às necessidades de gastos com a manutenção e reabilitação dos ativos, considera-se que este trabalho poderá contribuir para a determinação dos ativos a serem alvo de investimento, bem como para o planeamento da distribuição temporal dos respetivos montantes.

**Palavras-chave:** Gestão de ativos; Sistemas de drenagem de águas residuais; Matriz de risco; Índice de Valor da Infraestrutura.

Orientador: Professor Jaime António Pires Gabriel Silva (ISEP)

Supervisores: Engenheiros José Manuel Benevides Rego Costa e Lúgia Maria Bandeira Ramos (Águas do Douro e Paiva, S.A./SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A.)

## **DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DE LINHAS DE BALANÇO NO PLANEAMENTO DA CONSTRUÇÃO**

**Pedro Miguel Pinheiro Duarte**

A Construção Civil é um setor ainda com grandes deficiências relativamente ao planeamento e controlo, resultando frequentemente em atrasos e custos adicionais nos processos construtivos. Em virtude da crescente competitividade entre empresas e das normativas legais que visam regular os prazos de execução e estabelecer coimas de não cumprimento, o planeamento das obras tem cada vez mais importância para os empreiteiros. No panorama atual da construção, segundo uma visão moderna de gestão, é comum os investidores, conscientes da defetibilidade dos tradicionais sistemas de gestão de empreendimentos, entregarem o planeamento e controlo da empreitada a empresas especializadas nessa matéria.

A definição com exatidão de todos os parâmetros do processo a controlar – quantidades a executar, os recursos e os seus intervenientes, ganha especial relevo, permitindo uma maior precisão no controlo do custo, do prazo e dos requisitos de projeto. Ao longo dos últimos anos, as empresas cingiram-se apenas a metodologias mais conceptualizadas como o Diagrama de Gantt. Com a crescente expansão do conceito BIM – Building Information Modeling e a parametrização de todos os elementos, tem levado a exploração de técnicas mais rigorosas, que requerem maior quantidade de informação. No entanto, em Portugal, tais metodologias tem sido pouco utilizadas, em virtude do seu desconhecimento e da sua dificuldade de implementação, essencialmente por envolver custos operacionais elevados.

Nesse sentido, o presente documento visa o estudo da metodologia Linha de Balanço (Line of Balance). Esta metodologia tem a particularidade de permitir, graficamente, distribuir espacial e temporalmente as atividades a executar, evidenciando potenciais erros de planeamento.

Dada a reduzida oferta de *software*, utilizando o referido conceito, e o custo elevado das soluções disponíveis, desenvolveu-se, no âmbito do presente trabalho, um modelo informático com recurso ao MS EXCEL que permita avaliar a sua aplicação e limitações, e validar a sua utilidade como método de planeamento. Para o efeito, serão considerados dois casos de estudo.

Pretende-se assim, abrir espaço nas empresas de construção portuguesas para uma visão alternativa do planeamento e eventualmente deixar um contributo benéfico para o setor.

**Palavras-chave:** Linha de Balanço, Building Information Modeling, Planeamento, Controlo, Construção

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

Supervisor: Engenheiro. Rui Campos (LECMA – Leading Change in Construction Management)

## **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM): CASO DE ESTUDO JUST STAY HOTEL PORTO CENTRO**

**Tiago Filipe de Oliveira Martins**

O setor da Construção Civil em Portugal atravessa um período marcado por uma grande competitividade, face ao reduzido número de obras públicas e à restrita tipologia de obras privadas a concurso, o que faz com que as empresas concorram a obras com margens muito pequenas ou mesmo nulas, exigindo uma maior eficiência nos Projetos (empreendimentos de construção) para que se possam atingir os objetivos pretendidos. Cada vez mais é crucial o recurso a métodos auxiliares capazes de apoiar o gestor do Projeto nas suas decisões, que sejam capazes de dar resposta às novas necessidades provenientes de uma alteração de filosofia neste mercado, pois só assim se consegue ganhar vantagem em relação à concorrência.

Este relatório tem como objetivo dar um contributo no estudo da aplicação de um modelo de gestão integrada de prazos e custos. O modelo apresentado nesta dissertação designa-se por Earned Value Management (EVM) e está especialmente orientado para melhorar o controlo de prazos e custos num Projeto.

Neste relatório o autor apresenta o resultado de uma avaliação e controlo do desempenho de um caso de estudo, com a implementação dos conceitos do EVM, obtendo assim os indicadores que permitem monitorizar, avaliar e antecipar o progresso da obra de forma mais eficaz.

Esta metodologia foi desenvolvida com o apoio da empresa ENESCOORD, onde decorreu o estágio no âmbito da Unidade Curricular (UC) de Dissertação, Projeto e Relatório de Estágio (DIPRE) do Mestrado em Engenharia Civil (MEC), no ramo da Gestão da Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Pretende-se com o desenvolvimento deste estudo, contribuir para a obtenção de melhores resultados dos Projetos, sem necessidade de aumentar o valor do investimento inicial na aquisição de dados e sem alterações radicais do modelo inicial.

O desenvolvimento deste modelo com base num caso de estudo e a sua posterior aplicação prática, permite comparar diferentes alternativas, comparar o acréscimo de informação obtida com a dos métodos atuais e validar as principais opções propostas.

**Palavras-chave:** Empreendimentos de construção; Gestão de Projetos; EVM; Custos; Prazos.

Orientador: Professor José Carlos Pinto-Faria (ISEP)

Coorientador: Professor Jorge José de Magalhães Mendes (ISEP)

Supervisor: Engenheiro João Paulo Coutinho Machado (Enescoord)

## O LAST PLANNER SYSTEM (LPS) APLICADO A CASOS DE ESTUDO

**Vera Lúcia Seixas Proença**

A situação económico-financeira que presenciamos nos últimos anos em Portugal, tem vindo a afetar o setor da construção e o desenvolvimento das empresas de construção portuguesas, que têm sofrido um grande revés. Nesse sentido, a criação e a implementação de novas ideias de melhoria e renascimento são necessárias para manter o fluxo de negócio ativo.

Atualmente, as diversas áreas de atuação do setor das empresas de construção procuram produzir mais com menos recursos. Ou seja, estas empresas encontram-se perante o objetivo de reduzir os desperdícios, procurando introduzir modificações nas suas estratégias de gestão, incluindo, obviamente, as mudanças nas áreas de produção.

Neste pressuposto, o sistema Lean Construction começa a emergir como o novo paradigma de gestão de Projetos de construção. Um número crescente de empresas está a implementar as práticas da *Lean Construction* de forma a melhorar o desempenho dos seus Projetos de construção.

No âmbito do Lean Construction, foram criadas ferramentas que asseguram uma permanente estabilidade e confiança dos fluxos de trabalho, que só pode ser obtida com um planeamento e controlo da produção adequados. Uma das ferramentas mais utilizada e com maior sucesso é o Last Planner System (LPS).

Este relatório de estágio visa a introdução dos princípios fundamentais e conceitos relativos ao sistema Lean Construction em empreitadas, analisando a realidade do sistema de gestão vigente e as oportunidades de melhoria dos processos de produção das empresas. A investigação foi efetuada a partir da análise de casos de estudo. Foi desenvolvido um modelo para o LPS – planeamento de curto prazo.

O modelo desenvolvido incluiu um módulo de controlo de produção com medidas de avaliação de desempenho: o Percentagem de Planeamento Concluído (PPC), análise das causas de não conclusão das atividades e avaliação da produtividade real das atividades.

**Palavras-chave:** Gestão da Construção; Planeamento; Controlo da Produção; Lean Construction; Last Planner System.

Orientador: Professor José Carlos Pinto-Faria (ISEP)

Supervisor: Engenheiro João Paulo Coutinho Machado (ENESCOORD)

## **AUTOAVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO E O MODELO DE GESTÃO DA EXCELÊNCIA DA FNQ**

**Vinicius de Souza Franco**

O contexto em que as construtoras brasileiras se encontram no ano de 2017 é incerto. Devido à crise econômica que visou o país no início de 2014, o setor da construção foi muito atingido, e não se sabe ainda ao certo quantas empresas de construção conseguirão se reestruturar. Em razão disso, é necessário criar alternativas para contornar esse cenário e voltar a se desenvolver. As empresas de diversos setores que investem em modelos de gestão vêm conseguindo crescer mesmo diante de épocas de dificuldade financeira. Esse estudo busca avaliar as especificidades de uma construtora brasileira que possui certificação ISO 9001, ou seja, possui um sistema de Gestão da Qualidade bem estruturado, e verificar a viabilidade de implantação do Modelo de Excelência de Gestão (MEG) da Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), podendo futuramente concorrer ao Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ). Os dados analisados foram obtidos por meio de entrevistas e documentos disponibilizados pelos representantes da empresa, e também por questionário utilizado pelo MEG, divididos em oito critérios: liderança, estratégias e planos, clientes, sociedade, informações e conhecimentos, pessoas, processos e por fim resultados. A conclusão com o trabalho foi que uma empresa que possui certificação pela ISO 9001, cumpre grande parte dos requisitos propostos pelo MEG, e o investimento mais aprofundado neste tipo de modelo pode ser um grande estímulo para concorrer ao PNQ e continuar se desenvolvendo mesmo diante de um período de crise econômica.

**Palavras-chave:** Gestão da Qualidade; Fundação Nacional da Qualidade (FNQ); Modelo de Excelência de Gestão (MEG); Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ); Construção Civil.

Orientadora: Professora Maria do Rosário Santos Oliveira (ISEP)

Coorientador: Professor Alfredo Mário Savelli (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)



Mestrado em Engenharia Civil

# INFRAESTRUTURAS

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Politécnico do Porto

Monitorização da orla costeira  
Ofir, 2016





## **ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DOS AERÓDROMOS E HELIPORTOS – EXPANSÃO DO AEROPORTO DE MARINGÁ E IMPLANTAÇÃO DE UM HELIPORTO EM CAMPO MOURÃO**

**Ademir Roberto Conti Júnior**

O presente trabalho aborda o estudo das características geométricas do lado aéreo em aeródromos e heliportos, baseado nas normas internacionais estabelecidas pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) – Anexo 14 Volumes I e II – e nas normas brasileiras da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) – Regulamento Brasileiro da Aviação Civil, números 154 e 155.

A dissertação contempla dois estudos de caso, sendo o primeiro uma análise de viabilidade e apresentação dos projetos geométricos para a expansão do Aeroporto Regional de Maringá (Brasil). Tal análise é feita a partir de dados atuais e previsões sobre o tráfego aéreo neste aeroporto.

O segundo estudo de caso, consiste numa análise de viabilidade e no desenvolvimento dos projetos geométricos para a implantação de um heliporto na cidade de Campo Mourão-Paraná (Brasil). A análise é feita de acordo com as necessidades do Hospital Santa Casa de Campo Mourão.

**Palavras-chave:** Aeródromo; Heliporto; Características geométricas.

Orientador: Professor Tiago Sarmiento Sabino Domingues (ISEP)

Coorientador: Professor Roberto Widerski (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campo Mourão)

## **MISTURAS BETUMINOSAS TIPO SMA**

**André Alexandre Ferreira de Oliveira**

A maioria dos pavimentos rodoviários e aeroportuários, têm como solução construtiva, pavimentos constituídos por misturas betuminosas a quente, pelo bom desempenho e pela sua elevada durabilidade, em condições normais de serviço. Dentro das misturas betuminosas pode-se encontrar uma vasta gama de soluções, sendo a mais corrente o uso de betumes tradicionais sem qualquer aditivo, com granulometria contínua, cujo comportamento é satisfatório. Verifica-se, no entanto, que com a solução tradicional, ao longo do seu tempo sua vida útil, o aparecimento de várias patologias, tornam o seu desempenho ineficiente sobretudo nas áreas onde as condições de tráfego são mais severas. Uma solução possível e atualmente usada para colmatar estes problemas é a execução de pavimentos com betumes modificados e com granulometria descontínua, designados por SMA (*Stone Mastic Asphalt*).

A presente dissertação tem como objetivo avaliar o desempenho das misturas SMA, ensaiando em laboratório vários tipos de mistura, com diferentes betumes e estabilizadores.

Pretendeu-se com este estudo, adequar os resultados com os requisitos prescritos pelo Caderno de Encargos das Infraestruturas de Portugal (CETO), respeitantes às misturas betuminosas a quente, submetendo todas as variações de composição da mistura aos ensaios constantes no documento supracitado.

Neste trabalho manteve-se constante a granulometria da mistura, sendo que as temperaturas de mistura e compactação variaram em função do tipo de betume utilizado. O estudo dos diferentes estabilizadores apenas foi realizado numa parte dos ensaios: ensaio de escorrimento (segundo a norma EN 12697-18), ensaio Marshall, (segundo a norma EN 12697-34) e ensaio de sensibilidade à água, (segundo a norma EN 12697-12).

O objetivo final deste trabalho é a determinação das percentagens ótimas de diferentes betumes para uma mistura tipo SMA 8.

**Palavras-chave:** Misturas betuminosas; SMA; Pavimentos; Ensaios; Betume.

Orientador: Professor Ângelo Manuel Gonçalves Jacob (ISEP)

Supervisora: Engenheira Joana Santos (CICCO PN)

## REABILITAÇÃO DE BETÕES EM SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

**Cláudia Sofia Magalhães Rebelo**

O betão é o material mais utilizado nas infraestruturas dos sistemas de drenagem de águas residuais. A experiência evidenciada ao longo dos anos demonstra que este material de construção não tem a resistência química necessária para sobreviver durante toda a vida útil dos sistemas. A agressividade química, não só do efluente mas também da atmosfera que se cria no interior dos órgãos, ataca de forma devastadora o betão, podendo mesmo colocar em causa a integridade da infraestrutura.

Antes de realizar qualquer tipo de intervenção de reabilitação, é necessário tomar conhecimento das patologias existentes nas infraestruturas bem como das suas causas, sendo também fundamental caracterizar a agressividade do meio em contacto com o betão. Terminado este processo é então possível executar um projeto de intervenção.

No mercado português existe uma diversificada oferta de materiais para reabilitar sistemas de drenagem de águas residuais. Atualmente, em empreitadas de reabilitação de betão, têm vindo a ser aplicados produtos de base cimentícia (argamassas), produtos em epóxi e poliureia, e revestimentos termoplásticos. Tendo em vista a reabilitação do betão das caixas de visita, neste relatório são apresentadas várias soluções, acompanhadas por uma estimativa orçamental.

A experiência da SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. mostra que as caixas de visita das redes de saneamento do Município de Vila Nova de Gaia são órgãos nos quais se verifica, com muita frequência, um acelerado processo de degradação do betão. A agressividade química do efluente e da atmosfera por ele criado é, como é evidente, uma causa direta desta degradação. Porém, é também grande o impacto de erros cometidos durante a fase construtiva.

Para que seja possível selecionar devidamente os produtos a aplicar nas tarefas de reabilitação dos betões, é necessário conhecer o comportamento dos produtos disponíveis. Tal facto torna-se mais evidente quando são utilizadas argamassas de revestimento pois, de todos os produtos usualmente aplicados, são estes os que têm apresentado uma menor durabilidade. Para conhecer melhor o comportamento dessas mesmas argamassas foi realizado um ensaio de campo, em condições reais, que incidiu sobre sete produtos de proteção e se prolongou ao longo de quatro meses.

**Palavras-chave:** Reabilitação do betão; Degradação do betão; Argamassas de revestimento; Revestimento com epóxi; Revestimento com termoplástico; NP EN 1504.

Orientador: Professor António Francisco Soto Maior Pestana da Silva (ISEP)

Supervisor: Engenheiro José Manuel Benevides Rego Costa (SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A.)

## **LEVANTAMENTO DE INDICADORES DE MOBILIDADE NO CENTRO URBANO DE VILA NOVA DE GAIA**

**Daniela Filipa Monteiro Sousa**

O presente relatório tem como objetivo descrever os trabalhos desenvolvidos no decorrer do estágio curricular integrado no plano de estudos do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de infraestruturas do Instituto Superior de Engenharia do Porto para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.

O estágio decorreu na Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia (CMG), especificamente na Divisão de Mobilidade e Transportes (DMT) com uma duração de seis meses. Durante o período de estágio realizou-se um Levantamento de Indicadores de Mobilidade e Transporte com o intuito de futuramente ser desenvolvido um Plano de Mobilidade e Transporte (PMT) no município.

O relatório inicia-se com um enquadramento do estágio, seguido da apresentação da empresa e do município onde se realizou o levantamento de indicadores. O trabalho realizado apresenta um estudo das bases, nomeadamente Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sendo os mesmos uma ferramenta de gestão e suporte à tomada de decisão e expondo uma introdução teórica aos PMT. O relatório termina com a apresentação de indicadores levantados assim como a sua caracterização.

**Palavras-chave:** Levantamento de Indicadores; Mobilidade; Transporte; PMT; SIG.

Orientadora: Professora Maria da Fátima Guimarães Faria Portela Moreira (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Luís Filipe Delgado Brás (Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia – Divisão de Mobilidade e Transportes)

## **BENEFICIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ACESSOS RURAIS AFETOS A INFRAESTRUTURAS DAS ÁGUAS DO NORTE**

**Emanuel José Rodrigues Trigo**

O presente relatório insere-se num projeto de beneficiação e reabilitação de acessos rurais, onde se apresenta um resumo de atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular na empresa CORE CONCEPT, Lda., cujo objetivo é o desenvolvimento de estudos prévios e projetos de execução, utilizando várias ferramentas e técnicas, salientando um software de apoio à engenharia de vias de comunicação, o AutoCad Civil 3D. Este projeto desenvolve-se com a parceria de duas empresas, CORE CONCEPT e CiviTraço, tendo como o objetivo a elaboração do projeto intitulado P2419 – Projeto de Execução da Reabilitação de Acessos às Infraestruturas das Águas do Norte, S.A.

Uma via de comunicação consiste na definição de um traçado tridimensional composto por curvas, alinhamentos rectos, rotundas, entroncamentos, cruzamentos, assim como as cotas de projeto de forma a garantir uma acessibilidade com segurança, conforto e no menor tempo possível. Neste caso, as vias de comunicação a projetar revestem-se de características muito específicas fruto, também, da especificidade dos acessos: tráfego reduzido e esporádico, topografia desfavorável e investimento limitado. O decurso dos trabalhos foi realizado aproveitando as mais valias de cada uma das empresas do consórcio, a saber: Topografia, definição de traçado e estrutura de pavimentos foram da responsabilidade da CiviTraço e o estudo geológico geotécnico, drenagem e sinalização foi da responsabilidade da CORE CONCEPT.

No âmbito do estágio, as atividades desenvolvidas foram a elaboração de 35 projetos rodoviários e outras especialidades dependentes das vias de comunicação para as várias localizações, numa extensão de cerca 18,50 km, sendo que uma delas, Cerite, foi elaborada a totalidade do projeto pelo presente autor.

Este documento descreve os procedimentos e revela a importância de um projeto viário, nomeadamente topografia, definição do traçado, perfil longitudinal, perfil transversal tipo, drenagem, pavimentação e sinalização. Por último, é apresentado um caso de estudo de um local analisado relativo a um estudo prévio e um projeto de execução, aplicando o software referido anteriormente. A sequência de apresentação está organizada segundo o tradicional num projeto de vias de comunicação.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Acessos rurais; AutoCad Civil3D; Vias de comunicação; Drenagem; Pavimentação; Sinalização.

Orientador: Professor Ângelo Manuel Gonçalves Jacob (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Artur da Costa Lopes de Castro (CORE CONCEPT)

## **ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ESTRADA E ACIDENTES RODOVIÁRIOS**

**Fernanda Ribeiro de Araújo Pereira**

Nos dias de hoje, o acidente rodoviário é uma das maiores causas de mortalidade no mundo, exigindo uma determinada atenção. Portugal e o Brasil são países que possuem um elevado índice de acidentes nas rodovias devido a diversos fatores, como fatores viários, veiculares, humanos e ambientais.

O foco deste trabalho são os fatores viários, e de modo específico o projeto geométrico e a operação das rodovias. Apesar da existência de uma certa diferença entre as normas de traçado portuguesa e brasileira, verificadas ao longo da pesquisa realizada, não é isto que faz com que o índice de acidentes no Brasil seja maior do que o de Portugal.

O principal problema das estradas brasileiras é o não seguir a norma e a saturação das rodovias. O volume de tráfego aumentou dez vezes mais que o crescimento da malha rodoviária do país, fazendo com que as rodovias trabalhem além de sua capacidade, aumentando o número de acidentes.

**Palavras-chave:** Acidentes; Rodovias; Geometria; Brasil; Portugal.

Orientadora: Professora Maria da Fátima Guimarães Faria Portela Moreira (ISEP)

Coorientador: Professor Henrique Dinis (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## REDES NEURONAIS ARTIFICIAIS NA PREVISÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

**Javier Prieto Cano**

Uma adequada previsão de consumos de água a curto, médio e longo prazo possibilita às empresas de abastecimento e distribuição de água uma informação imprescindível para estimar a capacidade de planeamento, atividades de manutenção, melhorias do sistema e otimização da operação de sistemas elevatórios e de tratamento.

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta de previsão de consumos de água mediante a utilização de inteligência artificial, nomeadamente de modelos de redes neuronais artificiais.

São examinados, para além das redes neuronais artificiais, outros modelos estatístico-matemáticos aplicados à previsão dos consumos, como o modelo ARIMA, baseado em médias móveis integradas autorregressivas.

Em virtude do escasso número de trabalhos nesta área, considerou-se necessário aprofundar os conteúdos teóricos em matéria de redes neuronais e séries temporais, para depois aplicar uma metodologia própria que permitiu implementar o modelo na linguagem Python, sendo também utilizados outros softwares para explorar a capacidade das redes neuronais artificiais, como o Neural Network Toolbox para Matlab e o modelo ARIMA.

Como caso de estudo, a metodologia foi aplicada aos registos de consumos do concelho de Arouca, cujo abastecimento em alta corresponde à Águas do Douro e Paiva (AdDP), do grupo Águas de Portugal. Como dados de base, foram considerados os valores de consumo a cada meia hora, bem como dados de precipitação e temperatura.

Os resultados da aplicação de redes neuronais foram satisfatórios, uma vez que o modelo aplicado sobre a série diária produziu previsões com uma precisão próxima de 96%, enquanto o modelo aplicado à série horária forneceu precisões próximas de 87%. Este rigor nas previsões demonstra a efetividade da aplicação das redes neuronais na previsão dos consumos de água em vários horizontes de tempo.

**Palavras-chave:** Abastecimento; Consumos de água; Inteligência artificial; Redes previsão; Otimização.

Orientador: Professor Eduardo Bruno de Freitas Vivas (ISEP)

Coorientador: Professor Pedro Miguel Leite Ferreira (ISEP)

## **ACOMPANHAMENTO DE OBRAS DE REQUALIFICAÇÃO EM ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS NO MUNICÍPIO DO PORTO**

**João Pedro Pereira Veludo**

O presente documento procura sintetizar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular realizado na Câmara Municipal do Porto, com o objectivo de consubstanciar o conhecimento e a experiência adquirida. Na realidade, os contactos e o acompanhamento diário de situações de índole eminentemente prática contribuem para a abertura e compreensão de novas temáticas, criando um clima favorável de estímulo e motivação.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido aborda quatro casos de estudo, todos eles centrados em intervenções na via pública e que contemplam ações abrangentes na área da requalificação urbana, como a pavimentação, caracterização de solos, infraestruturas hidráulicas e elétricas, sem descurar os conceitos sobre acessibilidades pedonais e de sinalização. Ainda no domínio das exigências da qualidade estrutural dos pavimentos, os trabalhos implementados tiveram sempre em consideração as regras definidas de construção e de compactação.

Do ponto de vista do apoio laboratorial, realizou-se a identificação e caracterização dos solos pertencentes às camadas granulares do pavimento para o primeiro caso de estudo, com recurso ao Laboratório de Materiais de Construção do ISEP, tendo sido para o efeito efetuados vários ensaios com amostras recolhidas em obra. Na análise dos resultados obtidos, estabeleceu-se a comparação com os requisitos definidos nas Condições Técnicas Gerais e com a ficha técnica fornecida pela entidade adjudicatária, de modo a aferir a sua conformidade.

Por último, os conceitos e procedimentos frequentemente invocados neste relatório baseiam-se na documentação e pesquisa bibliográfica existente sobre os temas. Através da solidez destes elementos teóricos, tornou-se possível recolher a informação e um conjunto de valores de referência conducentes à compreensão e resolução dos casos de estudo descritos.

**Palavras-chave:** Pavimentos rodoviários e pedonais; Requalificação urbana; Acessibilidades; Via pública; Beneficiação; Conservação; Camadas granulares; Pavimentação; Porto.

Orientador: Professor Tiago Sarmiento Sabino Domingues (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Alexandre Vasconcelos Ferreira (Câmara Municipal do Porto)

## MODELAÇÃO HIDRÁULICA E REABILITAÇÃO FLUVIAL EM MEIO URBANO

**José Pedro Ferreira Letra**

O presente relatório descreve o trabalho realizado ao longo de um semestre em ambiente empresarial. Em particular, o estágio decorreu na empresa Engenho e Rio, Unipessoal Lda. A temática deste trabalho visa contribuir para a reabilitação fluvial em meio urbano e respetiva modelação hidráulica.

Os rios e as ribeiras apresentam diversos tipos de problemas com custos económicos associados. Portugal não é exceção, *e.g.*, as cheias, causadas por fortes precipitações associadas às diversas fisionomias das bacias hidrográficas e a possíveis obstruções ao escoamento na linha de água, tornam-nas mais suscetíveis a problemas. A legislação nacional, a Lei da água (LA) e a Diretiva-Quadro da Água (DQA) preveem novas metodologias para minimização destas problemáticas.

Neste estágio pretendeu-se levar a cabo três grupos de atividades: i) Revisão bibliográfica das melhores práticas em meio fluvial; ii) Estado da arte e o enquadramento legal da ocupação do espaço ribeirinho; iii) Desenvolvimento de contributos para três projetos específicos de reabilitação fluvial em meio urbano a nível da modelação hidráulica e da modelação de zonas de inundação para verificação da adequação de técnicas de engenharia natural na estabilização de margens.

Os três locais visados como casos de estudo foram: Lanheses, com o rio Lima; Uima com as ribeiras do rio Uima em Fiães; e Loures, com o rio de Loures. Com recurso ao programa HEC-RAS, procuraram-se definir zonas de inundação para diferentes períodos de retorno.

Com este estudo foi possível estudar zonas de inundação assim como verificar a adaptação de técnicas de engenharia natural presentes nos locais estudados.

**Palavras-chave:** Modelação hidráulica; Reabilitação fluvial; Cheias; Zonas de inundação; Engenharia natural.

Orientador: Professor Tiago André Martins de Azevedo Abreu (ISEP)

Supervisor: Doutor Pedro Miguel Teiga (Engenho e Rio, Unipessoal Lda)

## **ESTUDO DA HIDRODINÂMICA COSTEIRA COM RECURSO A DIFERENTES TÉCNICAS ESPECTRAIS**

**José Miguel Martins Beira de Matos**

O presente estudo tem como objetivo testar e validar um conjunto de técnicas espectrais aplicadas a imagens de satélite SAR (Synthetic Aperture Radar) em que sejam bem visíveis as condições de ondulação da superfície do oceano, permitindo estimar a batimetria com base na deteção da variação dos comprimentos de onda.

Este trabalho visa melhorar a compreensão do comportamento das ondas de gravidade, que é extremamente importante para a previsão da hidrodinâmica costeira, e para a correta caracterização da morfologia do fundo do mar.

A análise espectral surge como uma ferramenta para apoiar a nossa compreensão e observar o comportamento das ondas geradas pelo vento. Aplicou-se um conjunto de algoritmos elaborados em Matlab para manipular imagens de satélite SAR e obter informações sobre comprimentos de onda em vários pontos ao longo da área de estudo. Reconhece-se que a Transformada de Fourier (FFT – Fast Fourier Transform) apresenta algumas limitações quando se trata de ondas não lineares e não estacionárias. Assim, este estudo analisa outras técnicas espectrais com o objetivo de superar as limitações da FFT, fazendo uso da Transformada por Ondulas e da Transformada de Hilbert-Huang (HHT – Hilbert-Huang Transform).

A título de exemplo, analisou-se uma imagem de satélite SAR da região de Aveiro, localizada na costa noroeste portuguesa. A data da aquisição da imagem de satélite é 17 de fevereiro de 2015, correspondendo a um dia com pouco vento, permitindo este tipo de análise. Embora esta metodologia esteja numa fase inicial, as técnicas espectrais aplicadas parecem fornecer uma boa resposta nas zonas de águas pouco profundas, corroborando e ampliando trabalhos anteriores desenvolvidos dentro deste âmbito.

**Palavras-chave:** Processamento de imagem; Análise espectral; Comprimento de onda; Transformada por Ondulas; Transformada de Hilbert-Huang; Batimetria.

Orientador: Professor Tiago André Martins de Azevedo Abreu (ISEP)

## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA VIA-FÉRREA

**Mario Rui Santos Viana Diogo Leite**

A dissertação inicia-se por uma introdução relativa ao aparecimento dos caminhos de ferro, no contexto nacional e internacional, resumindo a história da evolução das vias férreas, desde o seu início até aos dias de hoje.

Este trabalho faz uma apresentação da constituição da via-férrea, dividindo-a em infraestrutura e superestrutura ferroviária. Dos trabalhos relativos à infraestrutura, esta dissertação foca-se em definir a constituição da subestrutura ferroviária, identificando as várias camadas existentes, causas para a sua degradação, bem como uma das soluções mais utilizadas neste tipo de via, a aplicação de geossintéticos como reforço da subestrutura. Em relação à superestrutura, são descritos os três tipos possíveis de conceção de vias-férreas, nomeadamente a via balastrada, via não balastrada e vias mistas.

No capítulo da superestrutura ferroviária depois da apresentação de cada material constituinte das vias férreas são descritas as suas patologias e os diferentes métodos de dimensionamento de cada componente. Apresentam-se algumas vantagens e desvantagens da solução tradicional, em via balastrada, em comparação com a via não balastrada.

Tendo em conta a Norma Europeia ENV 13803-1 de 2007, são descritos neste relatório os diferentes parâmetros de traçado que têm de ser cumpridos, aquando da fase de projeto, relacionados com a segurança e o conforto. São também apresentadas as principais ações exercidas pelos comboios sobre a via-férrea, bem como o método de cálculo. De modo a complementar o estudo realizado sobre a via-férrea, são identificados, nesta dissertação, os diferentes aparelhos de mudança de via existentes, bem como a sinalização utilizada na Rede Ferroviária Portuguesa.

A qualidade da geometria da superestrutura ferroviária é um fator importante na determinação da velocidade e das condições de segurança da circulação das composições ferroviárias. De modo a verificar e manter essa geometria de via é necessário realizar inspeção e manutenção na via-férrea.

**Palavras-chave:** Via-férrea; Infraestrutura; Subestrutura; Superestrutura; Parâmetros de traçado; Solicitações; Inspeção e manutenção; Sinalização ferroviária; Material de via; Patologias.

Orientadora: Professora Maria da Fátima Guimarães Faria Portela Moreira (ISEP)

## **ANÁLISE E PROPOSTA DE CORREDOR DE PRIORIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO EM SINALIZAÇÃO LUMINOSA NA CIDADE DO PORTO**

**Miguel Neves Pereira Vieira**

A complexidade das redes rodoviárias articulada com a crescente necessidade de rentabilidade nos sistemas de transportes implica o uso de ferramentas cada vez mais sofisticadas. A simulação de tráfego é um exemplo dessas ferramentas, cujo objetivo é reproduzir com maior ou menor detalhe a interação entre os três intervenientes no sistema rodoviário: veículo, operador e infraestrutura, testando soluções e impactos antes de serem colocados em prática.

O presente relatório de estágio desenvolve um estudo de prioridade ao transporte público (TP), numa via de acesso à cidade do Porto, com recurso à sinalização luminosa. A análise realizou-se com o auxílio de um programa de simulação de tráfego com base num modelo microscópico (VISSIM – PTV).

Trata-se de um estudo de planeamento de um corredor de acesso ao centro da cidade que, pelas suas características peculiares, não permite a colocação de uma via exclusiva ao TP. Sendo este um corredor com bastante tráfego, propõe-se que a prioridade seja realizada através do controlo semafórico.

Deste modo, pretende-se que o leitor tome conhecimento das metodologias que são utilizadas para um planeamento deste tipo, como também todo o desenrolar do processo, desde a modelação da rede com todas as suas características base, às alterações que esta possa sofrer quando a prioridade é implementada.

**Palavras-chave:** Simulação de Tráfego; VISSIM; Transporte Público.

Orientadora: Professora Maria da Fátima Guimarães Faria Portela Moreira (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Bruno Miguel Aires Eugénio (Câmara Municipal do Porto – Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego)

## **ESTUDO DE SOLUÇÕES PARA FUNDAÇÕES DE ARRUAMENTOS**

**Ricardo Marta Serôdio**

Grande parte das obras de Engenharia Civil necessitam de uma boa fundação para o seu correto funcionamento, isto é, a transmissão de tensões da superestrutura para as fundações devem ser feitas de maneira a que o solo possa resistir a esses esforços.

Devido ao grande desenvolvimento da humanidade torna-se difícil implementar edifícios em locais de boas características, pois estes já se encontram “ocupados” por edifícios ou por arruamentos construídos no passado. Como tal, os solos disponíveis apresentam, por vezes, fracas qualidades para suporte, o que leva a que haja a adoção de técnicas para a sua melhoria ou a sua substituição por materiais de qualidade superior, para que possam suportar melhor as ações que lhe são induzidas.

Muitas vezes, a substituição de material ou a sua melhoria acabam por ser dispendiosas, o que leva à realização de fundações, denominadas profundas, para que estas descarreguem os esforços transmitidos, pela superestrutura em terreno de melhores características, muitas vezes encontrado a grandes profundidades.

Neste relatório pretende-se expor as técnicas de melhoria de solos existentes, com o intuito de demonstrar as suas vantagens e desvantagens. Para tal, há necessidade de exhibir, também, os diversos materiais que podem ser encontrados nos solos e especificar quais os parâmetros mais importantes a ter em conta para uma boa aplicação das técnicas de melhoria.

Finalmente, são estudadas diversas metodologias que são posteriormente aplicadas com vista a tornar o solo de fundação suficientemente resistente para suportar os esforços provenientes da construção de dois arruamentos. Todos os procedimentos são analisados, mesmo que não sejam os que conduzem a maiores vantagens para o projeto, ou seja, independentemente de apresentarem um maior custo global.

**Palavras-chave:** Fundações Profundas; Fundações Indiretas; Melhoramento de solos.

Orientador: Professor José Cândido Gonçalves Freitas (ISEP)

Supervisor: Engenheiro Abel Tavares Abrantes (Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia – Divisão e Conceção de Arruamentos e Espaços Públicos)

## **PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES E DE SERVIÇOS**

**Sofia David Ribeiro Alves**

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito do estágio realizado na empresa António Santos Lessa & Associados, no âmbito da unidade curricular de DIPRE do Mestrado em Engenharia Civil.

O estágio decorreu no Departamento de Hidráulica da empresa e incidiu sobre a realização de projetos de instalações hidráulicas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e pluviais em edifícios multifamiliares e de serviços, tendo sido levados a cabo um total de 9 projetos distintos.

Atendendo a que, durante o estágio, se fomentou a consolidação de conceitos e a diversificação do tipo de edifícios analisados, sistematiza-se, no presente relatório, a informação teórica mais relevante, destacando-se: (i) as regras para a definição correta e otimizada de um traçado de qualquer tipo de rede, (ii) algumas disposições construtivas e (iii) os principais critérios de dimensionamento. Por outro lado, como o dimensionamento foi levado a cabo com o apoio de folhas de cálculo desenvolvidas pela empresa, foi, igualmente, detalhado o tipo de informação que, posteriormente, teve de ser analisado e tratado para utilização das folhas de cálculo de forma simples e cumprindo todas as disposições regulamentares.

Por fim, são apresentados os casos de estudo desenvolvidos ao longo do estágio, sendo feita uma descrição mais detalhada de três projetos de redes prediais em edifícios multifamiliares. Para esses casos, são descritas algumas especificidades que, por apresentarem dificuldades acrescidas e pormenores de relevo que foi necessário ultrapassar, foram considerados representativos do tipo de trabalho realizado no presente estágio.

**Palavras-chave:** Projeto de redes prediais; Abastecimento; Drenagem; Águas residuais domésticas; Águas residuais pluviais.

Orientador: Professor Eduardo Bruno de Freitas Vivas (ISEP)

Supervisora: Engenheira Marta Sofia de Oliveira Rocha de Almeida (ASL & Associados)

## **ESTUDO COMPARATIVO DE PAVIMENTOS PERPÉTUOS E PAVIMENTOS CONVENCIONAIS**

**Thiago Mendonça Martins Santos**

Esta dissertação foi baseada no estudo de Pavimentos Perpétuos que atualmente é um termo usado para descrever um projeto estrutural de longa duração, construção e conceito de manutenção para pavimentos flexíveis. Se bem mantido e reabilitado, um pavimento perpétuo pode ser projetado e construído para durar mais de 40 anos sem requerer grande reabilitação estrutural ou reconstrução, necessitando apenas de renovação periódica da superfície em resposta às patologias confinadas ao topo do pavimento.

A dissertação baseia-se num amplo estudo do estado da arte de pavimentos perpétuos e contempla a apresentação de um dimensionamento de um pavimento perpétuo pelo método Shell, com o auxílio do software Alize LCPC, como ferramenta de apoio para a definição da melhor estrutura para o pavimento perpétuo. O dimensionamento foi realizado tendo em conta um projeto de duplicação de uma rodovia localizada na região central do estado de São Paulo – Brasil, executado pela VETEC Engenharia para o DER/SP – Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo. O projeto de duplicação desta rodovia foi realizado através do método preconizado pelo DER/SP, com o auxílio do software ELSYM 5 para definição da estrutura de um pavimento semi-rígido, tradicionalmente executado no Brasil. Com a definição de ambas as estruturas finais é realizado uma comparação entre as técnicas, avaliando os custos estimados para concepção e manutenção de ambos os pavimentos, para um período de 13 anos, período mínimo definido pela APA – *Asphalt Pavement Alliance*, que uma estrutura de pavimento flexível deve servir antes de necessitar de uma manutenção para que a estrutura seja reconhecida como perpétua.

O objetivo da avaliação dos resultados finais desta comparação é verificar se um pavimento perpétuo que possui vantagens como: menor frequência de manutenção, diminuição de atrasos de usuários, economia de materiais e mão de obra para manutenção e vida útil superior, se justifica financeiramente, uma vez que seu custo de concepção é notavelmente superior a um pavimento convencional. Porém existe uma economia considerável no que diz respeito à manutenção de ambos os pavimentos, sendo importante destacar que esta análise é contextualizada no cenário brasileiro, alguns materiais que não são utilizados em escala comercial, pelo que encarece sua produção.

**Palavras-chave:** Pavimento Perpétuo; Estrutura; Pavimento Flexível; Betão betuminoso.

Orientador: Professor Ângelo Manuel Gonçalves Jacob (ISEP)

Coorientador: Professor Patrícia Barboza da Silva (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA REDE FERROVIÁRIA DE PORTUGAL E DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Vanessa Inegues**

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade da implantação de uma nova ferrovia no Estado de São Paulo, tendo por base as ferrovias de Portugal.

É feita uma análise comparativa de características físicas e operacionais das redes ferroviárias de Portugal e do estado de São Paulo. Para isso realizou-se uma pesquisa bibliográfica e uma recolha de dados nos principais órgãos estatísticos e do setor de transportes de cada país. A partir desse levantamento foi verificada a falta de recursos para o transporte ferroviário de cargas e especialmente de passageiros no estado de São Paulo (Brasil) face à estrutura ferroviária de Portugal. O estudo de caso consistiu em projectar, através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), uma nova ferrovia para São Paulo que atendesse aos movimentos pendulares, obtendo resultados sobre o seu traçado, viabilidade, gastos e procura. Foi verificada a viabilidade de uma ferrovia que interliga São Paulo a Campinas projetada no corredor central da Rodovia dos Bandeirantes e como esta reduziria o tempo de viagem neste trajeto (a viagem duraria cerca de 38 minutos), pois seria operada por um Comboio de Alto Desempenho com uma velocidade média de 150 km/h. A bitola adotada foi a bitola larga 1600 m e o troço ferroviário teria uma extensão de cerca de 95 km.

Esta ferrovia demonstrou-se viável na medida em que já havia sido feita uma proposta de projeto juntamente com o planeamento da própria rodovia no seu corredor central, reduzindo os movimentos de terra que poderiam onerar na sua execução. Também foi verificado que existe procura de passageiros que justificam a implementação de uma ferrovia neste local.

**Palavras-chave:** Ferrovia; Mobilidade; Transporte de passageiros.

Orientadora: Professora Carla Patrícia Filipe da Costa e Lopes (ISEP)

Coorientadores: Professor Sérgio Vicente Denser Pamboukian e Professor Oswaldo Sansone Rodrigues Filho (Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie)

## **ESTUDO E IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES E DOS EQUIPAMENTOS DE SUPORTE À DESLOCAÇÃO EM PERCURSOS DE BICICLETA NA CIDADE DO PORTO**

**Victoria Lamas Hannah**

A procura de meios alternativos aos veículos motorizados tornou-se uma necessidade no sentido de garantir uma mobilidade urbana de qualidade em grandes centros urbanos. Entre os diversos modos de deslocação encontra-se a bicicleta, uma opção económica e prática para locomoção em contexto citadino. Os velocípedes estão cada vez mais presentes no cenário das principais cidades europeias e torna-se fundamental que o município do Porto evolua na mesma direção. Para tal, é preciso que o planeamento da rede ciclovitária seja baseado na recolha de dados reais e na experiência de cidades especialmente desenvolvidas na área, fundamentando assim as decisões políticas.

Nesta dissertação, apresenta-se o caso de estudo dos percursos cicláveis da Granja, da Boavista e da Foz, tendo como finalidade o estudo e a identificação das necessidades e dos equipamentos de suporte à deslocação em trajetos de bicicleta na cidade do Porto. Leva-se a cabo, conjuntamente, uma pesquisa de satisfação entre cidadãos ciclistas e não ciclistas com vista à elaboração do diagnóstico da situação atual do município em termos de oferta de infra-estrutura ciclável. Além disso, foi realizada uma entrevista com um membro da direção da Associação pela Mobilidade Urbana em Bicicleta (MUBi).

O estudo inicia-se com o estado da arte relativamente às rede ciclovitárias e seus princípios técnicos. Seguidamente, realiza-se a descrição dos elementos de apoio básicos e complementares a uma ciclovía. A continuação, realiza-se a caracterização e o diagnóstico da rede ciclovitária, com o enquadramento das ciclovias já existentes na cidade do Porto. Por último, desenvolve-se o caso de estudo, caracterizando-se os percursos e realizando uma proposta de elementos de apoio a implementar e respectiva estimativa de custos.

Com base no estudo desenvolvido, concluiu-se que é de primordial importância tornar os velocípedes uma solução de deslocação diária atrativa e, para isso, deve-se monitorizar a utilização das ciclovias a fim de permitir decidir de modo sustentado possíveis investimentos em melhorias. É fundamental que a rede ciclovitária esteja interligada e que ofereça elementos de suporte que facilitem a deslocação em bicicleta. Tão importante quanto as medidas voltadas à infra-estrutura são as campanhas de divulgação e a oferta de informação aos potenciais utilizadores, além da manutenção regular da rede.

**Palavras-chave:** Mobilidade sustentável; Rede ciclovitária; Bicicleta; Elementos de suporte às ciclovias; Modos Suaves.

Orientadora: Professora Carla Patrícia Filipe da Costa e Lopes (ISEP)

Coorientadora: Professora Vera Lúcia Barradas Moreira (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campo Mourão)

Supervisor: Engenheiro João Filipe Pires da Costa (Câmara Municipal do Porto – Divisão Municipal de Planeamento da Mobilidade e Transportes)



# IN MEMORIAM – PESTANA DA SILVA



A presente publicação não ficaria completa sem uma merecida homenagem ao Professor José António de Guimarães Pestana da Silva, docente do Departamento de Engenharia Civil do ISEP, falecido a 4 de outubro de 2017. Para além de uma carreira plena de atividade, e das muitas responsabilidades assumidas, de que se salienta a Presidência do Conselho Diretivo do ISEP, deixou um exemplo de vida a uma geração o qual, pelo seu valor, pretendemos dar eco.

Usaremos neste tributo as palavras do Senhor Professor Sousa Guimarães, seu colega e amigo de longa data, no discurso que proferiu por ocasião da Sessão de Homenagem que o Departamento de Engenharia Civil entendeu por bem realizar, inserida no Encontro Grandes Desafios de Engenharia Civil, realizado no ISEP, em 19 de abril de 2017.

*Gostaria de começar por felicitar o Departamento de Engenharia Civil por ter tomado a iniciativa de homenagear alguns dos seus docentes que se destacaram como personagens incontornáveis, não só no departamento a que estiveram ligados mas na vida e desenvolvimento do ISEP e que a geração actual, e mesmo a maioria dos docentes em exercício, não conheceram.*

*Desta vez a personalidade lembrada é o Engenheiro Pestana da Silva.*

*Teve o Departamento a ideia de que seria eu a pessoa indicada para o recordar, tendo em atenção os muitos anos de trabalho em conjunto nos órgãos de gestão do Instituto. Falta-me em eloquência o que me sobeja em amizade para o poder fazer condignamente. A memória também não ajuda, mas não podia recusar o convite. Foram cerca de trinta anos durante os quais o Instituto cresceu e se afirmou como Escola de referência no Ensino Superior Politécnico.*

*O meu primeiro contato com o Engenheiro Pestana deu-se em 1976. Eu tinha entrado para o Instituto em 1974, pouco antes do 25 de Abril. Depois de um período da grande instabilidade após aquela data, que incluiu a integração no Ensino Superior, realizaram-se no ano seguinte as primeiras eleições para a então designada Comissão Directiva. Para essa eleição a Associação de Estudantes decidiu promover uma lista concorrente e não arranjou melhor do que a minha pessoa para completar essa mesma lista. No processo algo rocambolesco que se seguiu, e que não vem aqui para o caso, a lista saiu vencedora do sufrágio da Escola e os seus componentes tomaram posse para o mandato de um ano, como então estava estabelecido. Logo no ano seguinte, num processo já menos conturbado, uma nova comissão viria a ser eleita, com poucas alterações mas onde constava o nome do Engenheiro Pestana da Silva, que viria a ser escolhido como presidente em votação efectuada entre os elementos da comissão na sua primeira reunião, de acordo com a regulamentação da altura.*



Assinatura do Convénio  
ISEP/LNEC, 1977

*Por essa altura, o enquadramento no Ensino Superior do jovem ISEP, criado por decreto do último dia de 1974, continuava indefinida. Estava ainda muito fresca a ideia de Instituto Industrial que a Escola fora até aí e os antigos alunos procuravam, com alguma legitimidade, aproveitar a oportunidade para obterem o reconhecimento que consideravam que as suas habilitações justificavam. As Universidades, até aí detentoras do exclusivo do Ensino Superior, começaram por não ver com bons olhos, pelo menos alguns sectores universitários, o aparecimento dos novos concorrentes. Daí que durante a vigência desta Comissão Directiva se tenham realizado inúmeras reuniões com os outros ex-Institutos Industriais de Lisboa e Coimbra para preparação de estratégias comuns (estava ainda longe a ideia de Instituto Politécnico), reuniões nos ministérios e secretarias de Estado, Assembleias Gerais, etc. Foi um período crucial para o futuro da Escola. Em todo este processo sempre o Engenheiro Pestana mostrou grande firmeza e clarividência, chegando mesmo a convocar um referendo, algo contestado na altura, para validar a posição institucional em determinada matéria mais fracturante, que já não recordo, de modo a conseguir um consenso que aliviasse a tensão que se verificava na altura. Várias vezes me indicou como representante do Instituto naquelas reuniões, o que desde logo evidencia a confiança e a convergência de pontos de vista que rapidamente se criou entre nós relativamente ao que considerávamos o interesse da Escola e dos seus alunos, docentes e funcionários. Foi o princípio de uma estreita colaboração, eu diria mesmo cumplicidade, que se prolongou pelas variadíssimas vezes em que partilhámos tarefas nos órgãos de gestão do Instituto, e em que a diferença de idade não teve qualquer papel preponderante. Um parêntese para referir também o trabalho da restante equipa directiva, toda ela movida pelo desejo de afirmação da Escola e que o Engenheiro Pestana soube cativar.*

*Foi nessa altura que foi assinado um convénio com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de grande importância para o respectivo curso e de cuja cerimónia de assinatura aparecem algumas fotografias na apresentação que está a ser projectada. Se não estou em erro foi o primeiro acordo institucional do novo Instituto.*

*Cabe aqui fazer um pequeno retrato do homenageado de hoje.*

*José António de Guimarães Pestana da Silva é natural de Leça da Palmeira, onde nasceu em 1927. Completa este ano, portanto, 90 anos.*

*Fez o Ensino Primário em Cabeceiras de Basto.*

*Frequentou o ensino secundário no Liceu de Angra do Heroísmo (Açores) e no Liceu Sá de Miranda (Braga), acompanhando o pai na sua vida profissional.*

*Em 1957 licenciou-se em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.*

*Iniciou a sua carreira docente em 1967, no Instituto Industrial do Porto, ainda na Rua do Breyner.*

*No Instituto Industrial do Porto, e mais tarde no ISEP após a integração no Ensino Superior, lecionou as disciplinas de Geometria Descritiva, Elementos de Topografia, Desenho Geral, Desenho de Construções, Materiais de Construção e Topografia (as duas últimas nos cursos de Civil e de Geotecnia).*

*Foi membro da direção do Curso de Engenharia Civil em 1974/75, e de 1978/79 a 1984/85, tendo participado ativamente na elaboração dos currículos do curso, nomeadamente das disciplinas que viria a leccionar.*

*Foi membro do Conselho Pedagógico em 1974/75.*

*Foi Presidente do Conselho Directivo do ISEP de 23/6/76 a 4/5/78.*

*Foi membro do Conselho Directivo do ISEP de 9/5/86 até à sua aposentação (1997).*

*Aposentou-se em 1997, embora tenha continuado a colaborar com o gabinete de obras durante mais algum tempo.*

*Exerceu ainda intensa actividade profissional, entre a qual se realça:*

- *Participação nas obras de construção civil dos aproveitamentos hidroeléctricos de Picote e de Miranda do Douro, quer em trabalhos subterrâneos quer em trabalhos a céu aberto;*
- *Na Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses (C.P.), colaborando na Direcção de Via e Obras e nas Oficinas de Obras Metálicas, em Ovar;*
- *Nas Instalações Siderúrgicas do Marão (Minas de Vila Cova), onde desenvolveu actividade nos setores de Sinterização, Peletização e da Moagem de Carvões.*

Barragem do Picote  
1960





*No que diz respeito à sua atividade profissional no ISEP é de salientar o acompanhamento das transformações que a Escola foi registando nas últimas dezenas de anos. Foi inestimável a sua atenção na elaboração dos cadernos de encargos, onde a sua experiência foi sempre muito importante, e no acompanhamento das respetivas obras. E foram muitas, não só novos edifícios (no início só estavam construídos os quatro edifícios centrais mais o então designado Auditório Magno, com a biblioteca anexa que ficava por cima das atuais instalações da Associação de Estudantes, que na época não existiam), como nas infraestruturas (arruamentos, canalizações, galerias técnicas, etc.) e nas remodelações a que todos os edifícios foram sendo sujeitos à medida que foram sendo necessárias e cuja enumeração seria aqui despropositada.*

*Referirei apenas duas empreitadas, hoje não visíveis e portanto não do conhecimento geral. Uma porque já não existe. Tratou-se da construção de um anexo do lado Norte das antigas oficinas de carpintaria e serralharia, que ocupavam sensivelmente o espaço ajardinado sobre a garagem do edifício H, anexo esse que viria a ser demolido juntamente com as mesmas oficinas para a construção do referido edifício. Uma outra porque é esubterrânea, e passa, portanto despercebida. Tratou-se da construção de uma galeria para o encanamento de uma linha de água, a Ribeira da Asprela, ou Ribeira de Paranhos, como também por vezes é designada, que passa junto à entrada da actual biblioteca e segue para os lados da Universidade Portucalense, junto aos depósitos de água. Foi um trabalho de grande envergadura que teve de ser feito em tempo record pois o terreno abateu e a água começou a alagar a zona onde hoje passa a linha do Metro, causando prejuízos num empreendimento agrícola que aí existia. O aluimento deu-se em Dezembro, logo em período de alguma precipitação, pelo que o caudal era significativo.*

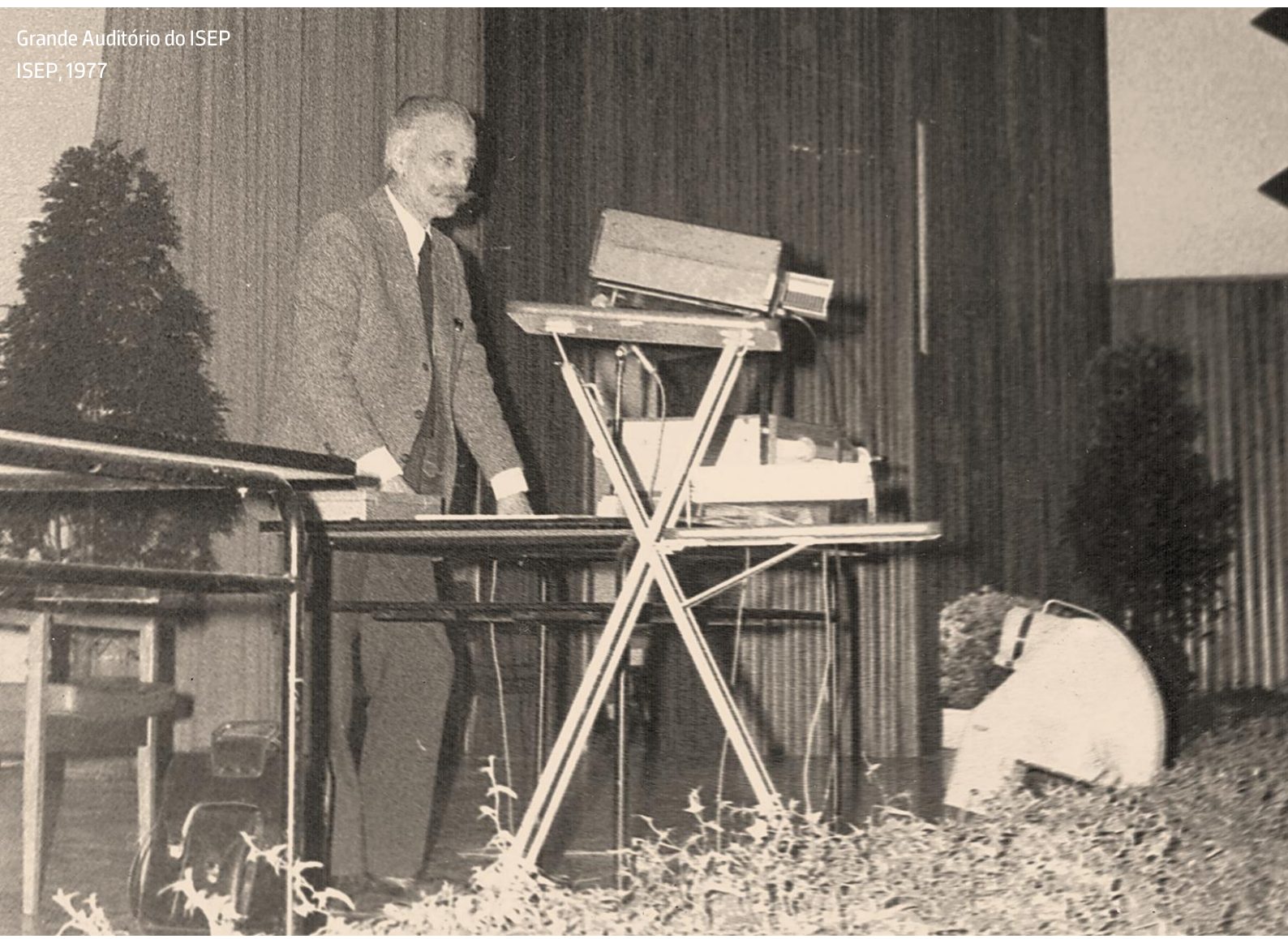
*Cabe aqui lembrar que todo este trabalho, efectuado mesmo quando o Engenheiro Pestana não pertencia aos órgãos de gestão da Escola, foi sempre efetuado sem qualquer remuneração complementar e sem que deixasse de cumprir o serviço letivo que lhe estava atribuído nas mesmas condições de todos os restantes docentes. Apenas o moveu a dedicação à Escola, e o respeito pelos seus alunos e colegas, pelo que foi merecedor da admiração e consideração de todos quantos com ele privaram.*

*Muito fica aqui por dizer. Como é natural, em tantos anos de trabalho conjunto defrontámo-nos com as mais diversas situações, e até algumas peripécias, mas penso que fica já aqui um retrato sucinto do nosso homenageado, e eu não me quero alongar. Além disso, nem tudo o que partilhámos em todos estes anos é para ser contado.*

*Gostaria muito de o ver aqui para lhe dar um abraço, mas compreendo que não possa estar cá. Também penso que, dada a sua maneira de ser, não estaria muito à vontade numa cerimónia como esta.*

*Assim peço ao seu filho que lhe dê um abraço da minha parte. Tenciono, entretanto, e brevemente, dar-lhe outro pessoalmente, que isto de abraços por interposta pessoa não é a mesma coisa.*

*(Sousa Guimarães, abril de 2017)*



Grande Auditório do ISEP  
ISEP, 1977



# ÍNDICE DE AUTORES

Ademir Roberto Conti Júnior.....	63
Ana Maria Alves Amaral.....	3
André Alexandre Ferreira de Oliveira.....	64
Andrei Florin Bonya.....	4
Caio César Trolez de Salvo.....	27
Carla Sofia Fernandes Barros Magalhães Sequeira.....	5
Carlos Daniel Barroso Caleiro da Costa.....	28
Carlos Filipe Guedes Silva.....	49
Cláudia Raquel Magalhães Pinto.....	6
Cláudia Santos Oliveira.....	29
Cláudia Sofia Magalhães Rebelo.....	65
Cristiane Hupalo.....	7
Daniela Filipa Monteiro Sousa.....	66
David Alexandre Ferreira da Silva.....	8
Diana Micaela Bastos Silva.....	50
Diogo Soares Fernandes.....	9
Eduardo Bossi Araujo Alves de Godoy.....	51
Emanuel José Rodrigues Trigo.....	67
Fábio André Sousa Rocha Nunes.....	30
Fernanda Ribeiro de Araújo Pereira.....	68
Fernando Manuel de Carvalho Martinho.....	31
Filipe Amaro de Sá Afonso.....	32
Flávio Júnio Pereira Lúcio.....	52
Francisco Saavedra Ribeiro Limpo de Faria.....	33
Guilherme Velho Pereira.....	10

## ÍNDICE DE AUTORES

Hélder Rafael Teixeira Cardoso.....	11
Helena Alves Brandileone.....	53
Henrique João de Campos Pires.....	34
Jaqueline Silva Trigo.....	35
Javier Prieto Cano.....	69
Joana Catarina da Silva Cardoso.....	36
João David Ribeiro de Vasconcelos.....	13
João Filipe Magalhães Fernandes.....	37
João Paulo Teixeira Santos.....	38
João Pedro Maia Oliveira Pereira.....	12
João Pedro Pereira Veludo.....	70
Jorge Filipe Maia Gonçalves.....	15
Jorge Marcelo Nunes Ferreira.....	14
José Miguel da Silva Ferreira Rodrigues.....	54
José Miguel Martins Beira de Matos.....	72
Jose Pedro Ferreira Letra.....	71
Leonardo Libano Csernik Monteiro.....	16
Lisete Marisa Baptista Moreira.....	55
Luis Filipe Carvalho Príncipe Araújo.....	39
Márcia Monteiro Mesquita.....	40
Maria Beatriz Silva Santos Ferreira.....	41
Maria Eugénia Merlin Pastorello.....	42
Mario Rui Santos Viana Diogo Leite.....	73
Marisa Sofia Lima Carvalho.....	43
Miguel Neves Pereira Vieira.....	74
Nuno Manuel Pinto Teixeira.....	17
Nuno Miguel Leite da Silva Sá.....	18
Pedro Miguel Pinheiro Duarte.....	56
Pedro Miguel Soares Mendes.....	19
Ricardo Alberto Figueiredo Leal.....	20

Ricardo Marta Seródio.....	75
Sandra Cristina Barbosa Queirós.....	44
Sofia David Ribeiro Alves.....	76
Susana Filipa de Almeida Baptista.....	21
Thiago de Camargo Andrade Moraes.....	22
Thiago Mendonça Martins Santos.....	77
Tiago Filipe de Oliveira Martins.....	57
Tiago Gabriel Costa Campelo.....	45
Tiago Luís Gomes Ferreira.....	23
Vanessa Inegues.....	78
Vera Lúcia Seixas Proença.....	58
Victoria Lamas Hannah.....	79
Vinicius de Souza Franco.....	59







**P. PORTO**