

NCE/16/00115 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

Apresentação do pedido

Perguntas A1 a A4

A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:

Universidade Do Porto

A1.a. Outras Instituições de ensino superior / Entidades instituidoras:

A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Engenharia (UP)

A3. Designação do ciclo de estudos:

Estruturas de Engenharia Civil

A3. Study programme name:

Civil Engineering Structures

A4. Grau:

Mestre

Perguntas A5 a A10

A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Construção Civil e Engenharia Civil

A5. Main scientific area of the study programme:

Civil Construction and Civil Engineering

A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):

582

A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:

<sem resposta>

A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:

<sem resposta>

A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:

120

A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006, de 26 de Março):

4 semestres

A8. Duration of the study programme (art.º 3 DL-74/2006, March 26th):

4 semesters

A9. Número máximo de admissões:

25

A10. Condições específicas de ingresso:

Podem candidatar-se a este ciclo de estudos (CE):

- *Titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em Eng. Civil.*
- *Titulares de um grau académico superior estrangeiro conferido na sequência de um 1º CE em Eng. Civil, organizado de acordo com o Processo de Bolonha por um Estado aderente.*
- *Titulares de um grau académico superior estrangeiro em Eng. Civil, reconhecido como satisfazendo os objetivos do grau de licenciado pelo órgão científico estatutariamente competente (OCEC).*
- *Detentores de um currículo escolar, científico ou profissional reconhecido como atestando capacidade para realização deste CE pelo OCEC.*

Os candidatos terão de ser proficientes no idioma inglês. Devem ainda ter sólida formação prévia nas seguintes matérias (expressa indicativamente pelos ECTS assinalados):

- *Comportamento material do betão e do aço (6 ECTS)*
- *Análise de estruturas hiperestáticas; Cálculo de tensões (15 ECTS)*
- *Cálculo de seções de betão armado (6 ECTS)*
- *Mecânica dos solos (6 ECTS)*

A10. Specific entry requirements:

The following may apply for this cycle of studies (CS):

- *Holders of a Bachelor's degree (Licenciatura) or legal equivalent in Civil Engineering;*
- *Holders of a foreign higher education degree awarded after a 1st CS in Civil Eng. structured in accordance with the Bologna Process by a State that implemented this process;*
- *Holders of a foreign higher education degree in Civil Eng. that is recognized as meeting the objectives of a Bachelor's degree by the statutorily competent scientific body (SCSB);*
- *Those with an academic, scientific or professional curriculum recognized as attesting to their ability to carry out this CS by the SCSB.*

Applicants must be proficient in English. They must also have solid prior education in the following subjects (indicatively expressed by the number of ECTS shown):

- *Material behaviour of concrete and steel (6 ECTS)*
- *Analysis of hyperstatic structures; Stress calculation (15 ECTS)*
- *Calculation of reinforced concrete members (6 ECTS)*
- *Soil Mechanics (6 ECTS)*

Pergunta A11

Pergunta A11

A11. Percursos alternativos como ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):

Não

A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)

A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, specialization areas of the master or specialities of the PhD (if applicable)

Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento:

Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD:

<sem resposta>

A12. Estrutura curricular

Mapa I - Não aplicável**A12.1. Ciclo de Estudos:**

Estruturas de Engenharia Civil

A12.1. Study Programme:

Civil Engineering Structures

A12.2. Grau:

Mestre

A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*Não aplicável***A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Not applicable***A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos* / Minimum Optional ECTS*
Construção Civil e Engenharia Civil/Civil Construction and Civil Engineering	CONSTC-EC	84	30
Qualquer área científica UPorto(nível 2ºciclo)/Construção Civil e Engenharia Civil;any scientific area from UP/Civil Construction and Civil Engineering	QACUP / CONSTC-EC		6
(2 Items)		84	36

Perguntas A13 e A16**A13. Regime de funcionamento:***Diurno***A13.1. Se outro, especifique:***Não aplicável***A13.1. If other, specify:***Not applicable***A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:***Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.***A14. Premises where the study programme will be lectured:***Civil Engineering Department of the Faculty of Engineering of the University of Porto.***A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):**[A15_Regulamento Creditação Formação Anterior Experiência ProfissionalUP.pdf](#)**A16. Observações:**

O Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil (MEEC) iniciar-se-á no 1º semestre de cada ano letivo, sendo o respetivo ciclo de estudos composto por:

1- Uma componente letiva não conferente de grau, constituída por um conjunto de UCs correspondente a um total de 90 ECTS assim distribuídos: 30 ECTS no 1º semestre, 30 ECTS no 2º semestre e 30 ECTS no 3º semestre. O 1º semestre é constituído por 5 UCs obrigatórias, enquanto o 2º e 3º semestres integram cada um 2 UCs obrigatórias e 3 UCs optativas. A aprovação nesta componente letiva confere direito a um diploma de curso de Mestrado (não conferente de grau) em Estruturas de Engenharia Civil.

2- Elaboração e discussão pública de uma dissertação original, correspondente a 30 ECTS, a realizar no 4º semestre. A conclusão e aprovação da dissertação confere o grau de Mestre em Estruturas de Engenharia Civil.

A parte letiva do MEEC funcionará em regime de aulas teórico-práticas. O idioma preferencial de lecionação será o inglês, podendo ser utilizado o português nas UCs em que os estudantes escolham unanimemente esta opção.

O 1º semestre letivo destina-se a dotar os estudantes de uma sólida formação fundamental no domínio das áreas técnico-científicas das Estruturas e da Geotécnia. O 2º semestre prossegue os objetivos do 1º semestre, complementando-os com a introdução de UCs que abordam o projeto e a análise de obras Estruturais e/ou Geotécnicas, tratando-se na UC Projeto 1 aspetos relevantes da conceção de diferentes tipologias estruturais. O 3º semestre é maioritariamente vocacionado para a abordagem do projeto, construção e intervenção em obras Estruturais e/ou Geotécnicas, complementada com formação em Materiais, reforçando a componente aplicada iniciada no 2º semestre, que é desenvolvida na UC Projeto 2. Nos 2º e 3º semestres é possibilitada a constituição de um percurso académico ajustado aos interesses de cada estudante, através da seleção de 3 UCs em cada um dos semestres, de um elenco de 13 UCs optativas. Deste elenco de UCs optativas faz parte 1 UC do QACUP (Qualquer Unidade Curricular da UPorto - nível 2º ciclo).

A dissertação pode assumir um cariz numérico ou laboratorial, preparando o estudante para uma prática profissional especializada ou para o início de uma carreira de investigação.

O funcionamento do MEEC será acompanhado por uma Comissão Científica, constituída pelos docentes Rui Manuel C. M. de Faria (que a preside na qualidade de Diretor do MEEC), Humberto Varum, M. Matos Fernandes e Álvaro Cunha.

A16. Observations:

The Master in Civil Engineering Structures (MEEC) starts in the 1st semester of each academic year, and the corresponding cycle of studies is comprised by:

1- Non-degree coursework component that consists of a set of curricular units (CUs) corresponding to a total of 90 ECTS broken down as follows: 30 ECTS in the 1st semester, 30 ECTS in the 2nd semester, and 30 ECTS in the 3rd semester. The 1st semester is made up of 5 mandatory CUs, while the 2nd and 3rd semesters include 2 mandatory CUs and 3 optional CUs each. Approval in this coursework component entitles students to a (non-degree) Master's coursework diploma in Civil Engineering Structures.

2- Writing and public defence of an original dissertation, which corresponds to 30 ECTS, to be carried out in the 4th semester. Completion and approval of the dissertation grants a Master's degree in Civil Engineering Structures.

The coursework component of MEEC will be carried out through theoretical/practical classes. The preferred teaching language is English, although Portuguese may be used in CUs where students unanimously chose this option.

The 1st academic semester is intended to provide students with solid education that is essential for mastering technical and scientific fields of Structures and Geotechnics. The 2nd semester carries on the objectives of the 1st semester and complements them by introducing CUs that cover the design and analysis of Structural and/or Geotechnical works, with relevant aspects of the design of different structural types being approached in the Project 1 CU. The 3rd semester is mainly oriented towards the design, construction and intervention in Structural and/or Geotechnical works, complemented with training in Materials, which reinforces the practical component that began in the 2nd semester and that is further developed in the Project 2 CU. In the 2nd and 3rd semesters, it is possible to create an academic path tailored to the interests of each student by selecting 3 out of 13 optional CUs in each of the semesters. This list of optional CUs includes 1 CU of QACUP (Qualquer Unidade Curricular de 2º ciclo da U.Porto, i.e. any 2nd cycle curricular unit of U.Porto).

The dissertation can take on a numerical or laboratorial nature, preparing the student for a specialised professional practice or for the beginning of a research career.

The operation of MEEC will be accompanied by a Scientific Committee composed of Professors Rui Manuel C. M. de Faria (who presides it as Director of MEEC), Humberto Varum, M. Matos Fernandes, and Álvaro Cunha.

Instrução do pedido

1. Formalização do pedido

1.1. Deliberações

Mapa II - Conselho Científico da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2._Conselho Cientifico FEUP MEEC.pdf](#)

Mapa II - Conselho Pedagógico da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2._Conselho Pedagogico FEUP MEEC.pdf](#)

Mapa II - Reitor da Universidade do Porto

1.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade do Porto

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2._Despacho reitoral_2°C Estruturas de Engenharia Civil.pdf](#)

1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

A(s) respetiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa V.

A coordenação da implementação do ciclo de estudos incumbirá ao Diretor, Rui Manuel C. M. de Faria

2. Plano de estudos

Mapa III - - 1º ano – 1º semestre**2.1. Ciclo de Estudos:***Estruturas de Engenharia Civil***2.1. Study Programme:***Civil Engineering Structures***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano – 1º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year – 1st semester***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Métodos Numéricos em Análise Estrutural / Numerical Methods for Structural Analysis	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Segurança Estrutural e Análise de Risco / Structural Safety and Risk Analysis	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Dimensionamento de Estruturas de Betão / Design of Concrete Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Dinâmica de Solos e de Estruturas / Dynamics of Soils and Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Fundações / Foundations	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
(5 Items)						

Mapa III - - 1º ano – 2º semestre**2.1. Ciclo de Estudos:***Estruturas de Engenharia Civil***2.1. Study Programme:***Civil Engineering Structures***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano – 2º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year – 2nd semester*

2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto 1 / Project 1	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Estruturas Metálicas e Mistas / Steel and Composite Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Análise Estrutural Não-Linear / Structural Nonlinear Analysis	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Engenharia Sísmica e Engenharia do Vento / Seismic and Wind Engineering	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Estruturas Pré Esforçadas / Prestressed Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Estruturas de Alvenaria e Madeira / Masonry and Timber Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Estruturas de Suporte de Terras / Earth Retaining Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Obras Subterrâneas / Underground Works	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS

(8 Items)**Mapa III - - 2º ano – 1º semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estruturas de Engenharia Civil***2.1. Study Programme:***Civil Engineering Structures***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

<sem resposta>

2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

<no answer>

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:*2º ano – 1º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd year – 1st semester***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto 2 / Project 2	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Materiais Recicladados em Estruturas e Geotecnia / Recycled Materials in Structures and Geotechnics	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	
Materiais Estruturais Avançados / Advanced Structural Materials	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS Opcional Grupo 18 ECTS

Pontes / Bridges	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Estruturas Pré Fabricadas / Precast Structures	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Reabilitação de Estruturas e Fundações / Rehabilitation of Structures and Foundations	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Obras de Aterro / Embankment Works	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Instrumentação e Observação de Obras / Construction Monitoring and Observation	CONSTC-EC	Semestral	162	56 TP	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS
Qualquer Unidade Curricular de 2º ciclo da UPorto/Any course of U.Porto (2nd cycle)	QACUP	Semestral	162	Depende da UC escolhida/Depends on the selected UC	6	Opcional Grupo 18 ECTS Optativos / Optional Group of 18 Optional ECTS

(9 Items)

Mapa III - - 2º ano – 2º semestre**2.1. Ciclo de Estudos:***Estruturas de Engenharia Civil***2.1. Study Programme:***Civil Engineering Structures***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º ano – 2º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd year – 2nd semester***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CONSTC-EC	Semestral	810	14 OT	30	

3. Descrição e fundamentação dos objetivos, sua adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares**3.1. Dos objetivos do ciclo de estudos****3.1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:**

O MEEC tem como objetivo formar profissionais com sólida preparação em Estruturas de Engenharia Civil, para uma inserção mais competitiva nos mercados de trabalho nacional e internacional. A componente letiva e a dissertação do MEEC asseguram uma sólida formação em métodos de análise e de dimensionamento de obras da Engenharia Civil em que as Estruturas e a Geotecnia têm forte interação. Nesta área de conhecimento, tanto a nível nacional como nos países de língua oficial portuguesa, a oferta formativa de 2º ciclo é escassa ou mesmo inexistente, pelo que o MEEC irá suprir uma importante carência de formação especializada, enquadrando-se assim nas missões da UP e da FEUP. O MEEC tem como potenciais interessados o corpo técnico nacional e internacional ligado às Estruturas e à Geotecnia.

Internacionalmente afigura-se como atrativo para estudantes de países onde a oferta de formação avançada e de qualidade em Estruturas e Geotecnia, a custos moderados, é reduzida.

3.1.1. Generic objectives defined for the study programme:

MEEC aims to train professionals with a sound preparation in Civil Engineering Structures, so they can enter the national and international labour market at a more competitive position. The coursework component and the dissertation of MEEC ensure sound education in analysis and design methods for Civil Engineering works where Structures and Geotechnics closely interact. In this field of knowledge, the educational offer of 2nd-cycle studies is scarce or inexistent both in Portugal and in Portuguese-speaking countries. Hence, MEEC will fill an important gap in terms of specialised education, thus contributing to the missions of both U.Porto and FEUP.

Those potentially interested in MEEC include the national and international technical staff related to Structures and Geotechnics. At an international level, it can be attractive to students from countries where there is a limited offer of advanced quality education in Structures and Geotechnics at moderate costs.

3.1.2. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes:

O MEEC tem por objetivo primordial dotar os estudantes de uma sólida formação teórica e aplicada no domínio das áreas das Estruturas e da Geotecnia em Engenharia Civil.

O ciclo de estudos visa assegurar o desenvolvimento dos seguintes conhecimentos, aptidões e competências:

- *Domínio das formulações e utilização de métodos de análise estrutural*
- *Domínio da interação solo-estrutura*
- *Capacidade de seleção, caracterização e aplicação dos materiais a utilizar na execução das obras*
- *Conceção estrutural e/ou geotécnica*
- *Projeto, construção e intervenção em obras estruturais e/ou geotécnicas*
- *Capacidade de investigação.*

3.1.2. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be developed by the students:

MEEC's main objective is to provide students with sound theoretical and practical education in the fields of Structures and Geotechnics in Civil Engineering.

This cycle of studies aims to ensure the development of the following knowledge, abilities and skills:

- *Mastery of formulations and use of structural analysis methods;*
- *Mastery of the soil-structure interaction;*
- *Ability to select, characterise and apply the materials to be used in the construction works;*
- *Structural and/or geotechnical design;*
- *Design, construction and intervention in structural and/or geotechnical works;*
- *Research capacity.*

3.1.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da instituição:

A UP tem como missão, entre outras, proporcionar "(...) formação no sentido global - cultural, científica, técnica, artística, cívica e ética - no quadro de processos diversificados de ensino e aprendizagem, visando o desenvolvimento de capacidades e competências específicas e transferíveis e a difusão do conhecimento; (...)".

Por sua vez a FEUP define como missão a "(...) criação, transmissão e difusão do conhecimento, da tecnologia e da cultura na área da engenharia, e (...) a preparação de jovens para o exercício da profissão de engenheiro a um nível internacional, sustentada em Investigação e Desenvolvimento de excelência, contemplando as vertentes científica, técnica, ética e cultural".

Os objetivos do ciclo de estudos do MEEC inserem-se, assim, de forma muito coerente nas missões da UP e da FEUP, quer na componente da difusão de conhecimento, quer através da especialização que visa proporcionar nas áreas técnico-científicas das Estruturas e da Geotecnia da Engenharia Civil.

A FEUP é sede da Unidade de Investigação em Engenharia Civil melhor classificada a nível nacional no domínio das engenharias. Providencia, além disso, a formação em Engenharia Civil do país com melhor reconhecimento a nível internacional pelo Ranking QS.

Num passado recente foi lecionado no Departamento de Engenharia Civil (DEC) da FEUP um mestrado pré-Bolonha em Estruturas de Engenharia Civil, com objetivos semelhantes aos do MEEC, que se pautou por um enorme sucesso, funcionando de forma contínua ao longo de vários anos, com procura de profissionais e estudantes no início das suas carreiras de investigação. O novo ciclo de estudos que se propõe com o MEEC surge, assim, como resposta às necessidades de mercado, nacionais e estrangeiras, na continuidade do espírito e da missão do DEC.

Perspetiva-se ainda uma grande atratividade por parte de estudantes internacionais, sobretudo de países de expressão portuguesa, onde ciclos de estudo com o perfil ora proposto, bem como o prestígio da UP e da FEUP, constituem fortes motivos de atração. Nessa perspetiva, a oferta formativa do MEEC contribuirá para a internacionalização da UP e da FEUP, constituindo fonte de prestígio e reconhecimento destas instituições.

3.1.3. Insertion of the study programme in the institutional training offer strategy against the mission of the institution:

U.Porto's mission is, inter alia, to provide "(...) global training - cultural, scientific, technical, artistic, civic and ethical - as part of the diverse processes of teaching and learning, aiming for the development of specific and transferrable skills and competences, and the dissemination of knowledge; (...)".

In turn, FEUP sets as a mission the "(...) creation, transmission and dissemination of knowledge, technology and culture in the engineering area, and (...) the preparation of young students to pursue the engineering profession at an international level, supported by Research and Development of excellence, contemplating the scientific, technical, ethical and cultural strands".

The objectives of the MEEC cycle of studies are therefore coherently aligned with the missions of U.Porto and FEUP, both in what regards the dissemination of knowledge and the specialisation it aims to provide in the technical and scientific fields of Structures and Geotechnics in Civil Engineering.

FEUP is the main Research Unit in Civil Engineering and the best qualified at a national level in the fields of engineering. Furthermore, the education it provides in Civil Engineering gets the highest international recognition by the QS Ranking when compared to other Portuguese institutions.

In the recent past, the Department of Civil Engineering (DEC) of FEUP offered a highly successful pre-Bologna master's degree in Civil Engineering Structures, with similar objectives to the ones of MEEC. It operated continuously for several years and was sought after by professionals and students who were starting their research careers. The new cycle of studies that is proposed with MEEC is, therefore, a response to national and international market needs, giving continuity to DEC's spirit and mission.

MEEC is expected to attract international students, mainly from Portuguese-speaking countries where cycles of studies with the proposed profile, combined with the prestige of U.Porto and FEUP, are highly valued. In view of this, MEEC's educational offer will contribute to the internationalisation of both U.Porto and FEUP, becoming a source of prestige and recognition for these institutions.

3.2. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da Instituição

3.2.1. Projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

A UP oferece uma formação educativa muito abrangente, contemplando as principais áreas do saber:

- Ciências exatas
- Tecnologias
- Ciências da vida
- Ciências humanas e Artes

Esta oferta formativa é preponderante ao nível da graduação, mas tem vindo a ser progressivamente reforçada nos estudos de 2º e 3º ciclos.

Além dos três pilares tradicionais da missão universitária – o ensino, a investigação e a transferência de conhecimento -, a UP tem investido fortemente na internacionalização, que se reflete de forma significativa nas vertentes do ensino, da ciência e da cultura, expressa no grande número de programas de intercâmbio com universidades da Europa, do Brasil e da África de expressão oficial portuguesa.

O projeto científico UP alicerça-se nos respetivos Centros e Unidades de Investigação, bem como na atividade científica dos docentes e investigadores num quadro de referência mundial. Esta atividade científica é hoje reconhecida internacionalmente, sendo expressa não só através da divulgação de investigação em Revistas Científicas indexadas, mas também na progressiva melhoria do posicionamento da UP em rankings internacionais (nomeadamente no ranking QS).

Há ainda a salientar o crescimento do empreendedorismo de base tecnológica promovido e apoiado pela UP, através de unidades e institutos especializados de interface.

3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project:

U.Porto has a comprehensive educational offer which encompasses the main fields of knowledge:

- Exact sciences;
- Technologies;
- Life sciences;
- Humanities and Arts.

This educational offer is predominantly at the graduation level, but it has been progressively strengthened in 2nd- and 3rd-cycle studies.

Apart from the three traditional pillars of the university mission – teaching, research, and knowledge transfer -, U.Porto has been strongly committed to internationalisation, which is significantly reflected in the area of teaching, science and culture, with a large number of exchange programmes with universities in Europe, Brazil and Portuguese-speaking African countries.

U.Porto's scientific project is grounded on its Research Centres and Units, as well as on the teachers and researchers' scientific activity within a global reference framework. This scientific activity is currently recognised at an international level, resulting not only in the dissemination of research results in indexed journals, but also in the progressive improvement of FEUP's position in international rankings (namely, in the QS Ranking).

We must also underline the growth in terms of technology-based entrepreneurship promoted and supported by U.Porto through specialised interface units and institutes.

3.2.2. Demonstração de que os objetivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

O MEEC, constituindo-se como uma proposta de 2º ciclo, está em linha com a estratégia de progressivo alargamento da oferta formativa da UP no contexto de Ciclos de Estudos Avançados.

Por sua vez, sendo propósito do MEEC satisfazer as necessidades de especialização de um público alvo maioritariamente internacional no domínio das Estruturas de Engenharia Civil, o correspondente ciclo de estudos assegura a prossecução do objetivo de internacionalização da UP. Este objetivo é assegurado, em primeira linha, através da divulgação das competências pedagógicas, técnicas e científicas dos docentes do DEC da FEUP nos países de origem dos estudantes. Por sua vez, a dissertação prevista no MEEC desenvolver-se-á no enquadramento da Unidade de Investigação CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções, sediada na FEUP, a qual tendo obtido a melhor classificação a nível nacional na área das engenharias contribuirá para a dignificação da imagem internacional da UP, e dará cumprimento ao objetivo de intercâmbio de conhecimentos científicos e da afirmação da qualidade dos docentes investigadores da UP num contexto global.

É também de destacar o facto de que a oferta pós-graduada do MEEC, ao promover uma forte especialização dos estudantes num domínio em que se identificou grande carência de formação, virá reforçar a transferência de conhecimentos avançados para a sociedade e para o tecido empresarial, cumprindo assim o terceiro pilar da missão da UP.

Finalmente o MEEC contribuirá para o aumento dos ingressos na FEUP, quer de estudantes nacionais quer internacionais, atenuando desta forma a diminuição da procura que atualmente afeta a área da Engenharia Civil.

3.2.2. Demonstration that the study programme's objectives are compatible with the Institution's educational, scientific and cultural project:

Since MEEC is a 2nd cycle of studies, it is in line with the strategy to progressively broaden the educational offer of U.Porto in the context of Advanced Cycles of Studies.

Also, because MEEC aims to meet the needs for specialisation of a mainly international target audience in the field of Civil Engineering Structures, the corresponding cycle of studies ensures the fulfilment of U.Porto's objective of internationalisation. This is primarily done through the dissemination of the educational, technical, and scientific skills of the teachers of DEC - FEUP in the students' countries of origin. On the other hand, the dissertation scheduled in MEEC will be developed within the CONSTRUCT Research Unit - Institute of R&D in Structures and Construction, based at FEUP. This institute has obtained the best rating in the fields of engineering at national level and will contribute to dignify the international image of U.Porto, fulfilling the objective of exchange of scientific knowledge and reaffirming the quality of U.Porto's teachers-researchers in a global context.

We must also highlight the fact that, by fostering a strong specialisation of the students in a field where a great lack of training was identified, MEEC's post-graduate offer will strengthen the transfer of advanced knowledge to society and to the business community, therefore fulfilling the third pillar of U.Porto's mission.

Finally, MEEC will contribute to an increase of admissions of both national and international students to FEUP, thus mitigating the decreasing demand that currently affects the field of Civil Engineering.

3.3. Unidades Curriculares

Mapa IV - Métodos Numéricos de Análise Estrutural / Numerical Methods for Structural Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Métodos Numéricos de Análise Estrutural / Numerical Methods for Structural Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Álvaro Ferreira Marques Azevedo - 20h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

José Manuel Mota Couto Marques - 12h TP

José Miguel de Freitas Castro - 12h TP

Pedro Miguel Barbosa Alves Costa - 12h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Conhecer os fundamentos e saber aplicar as técnicas de modelação numérica para a resolução de problemas estruturais associados à Engenharia Civil.

Compreensão dos fundamentos do Método dos Elementos Finitos, incluindo formulações distintas e sua implementação computacional.

Capacidade para tomada de decisão na seleção das metodologias mais adequadas para a simulação estrutural de problemas de Engenharia Civil.

Capacidade de interpretação crítica de resultados provenientes de modelação numérica e sua utilização nos processos de dimensionamento estrutural.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

Get to know the basics and how to apply numerical modelling techniques in order to solve structural problems related to Civil Engineering.

Understand the basics of the Finite Element Method, including different formulations and their computational implementation.

Develop decision-making abilities in the selection of the best methodologies for structural simulation of problems in Civil Engineering.

Develop the ability to critically appraise the results of numerical modelling and their use in structural design processes.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1- Introdução à aplicação de métodos numéricos a problemas de engenharia

2 – Introdução ao método dos elementos finitos e seu campo de aplicação.

3 - Método dos elementos finitos em problemas unidimensionais

4 - Método dos elementos finitos em meios contínuos 2D e 3D

5 - Método dos elementos finitos aplicado a problemas com flexão

6 – Aplicação de software de elementos finitos para resolução de problemas estruturais e geotécnicos

3.3.5. Syllabus:

1 – Introduction to the application of numerical methods for solving engineering problems;

2 – Introduction to the finite element method and its scope of application;

3 – Finite element method in single-dimensional problems;

- 4 – *Finite element method in 2D and 3D continuous media;*
- 5 – *Finite element method applied to bending problems;*
- 6 – *Application of finite element software for solving structural and geotechnical problems.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos previstos vão de encontro à concretização dos objetivos definidos para a unidade curricular, uma vez que incluem uma diversidade de tópicos que permitem aos estudantes compreender as diferentes técnicas de modelação numérica de problemas de engenharia civil. A incidência dos conteúdos no método dos elementos finitos resulta do facto de este ser o método numérico mais utilizado, tanto na prática profissional como na investigação científica. A componente de aplicação profissional dos conhecimentos adquiridos será assegurada através de exercícios de implementação computacional do método dos elementos finitos e do contacto dos estudantes com software de simulação numérica.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The established syllabus contributes to the attainment of the objectives set for the curricular unit, since it includes a wide range of topics that allow students to understand the different numerical modelling techniques for civil engineering problems. Contents are predominantly related to the finite element method because this is the most commonly used numerical method, both in professional practice and in scientific research. The professional application of the knowledge acquired will be assured through exercises of computational implementation of the finite element method and also through the use of numerical simulation software by the students.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funcionará num regime de aulas teórico-práticas nas quais serão transmitidos os conceitos teóricos previstos nos conteúdos programáticos, acompanhados da resolução de exercícios práticos. No âmbito das aulas práticas será também incentivada a implementação computacional do método dos elementos finitos, através da proposta de realização de um trabalho prático de carácter opcional. A avaliação será realizada com base nas classificações obtidas no trabalho prático e no exame final. A classificação final será obtida de acordo com a seguinte ponderação: Trabalho prático (30%); Exame final (70%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The curricular unit will have theoretical/practical lessons, which will allow the transmission of the theoretical concepts set out in the syllabus along with the resolution of practical exercises. In the context of practical classes, the computational implementation of the finite element method will also be encouraged by proposing students to carry out an optional practical assignment. Assessment will be made based on the grades obtained in the practical assignment and in the final examination. The final grade obtained will have the following weighting: Practical assignment (30%); Final examination (70%).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O formato de lecionação baseado em aulas teórico-práticas, complementada com a realização de um trabalho envolvendo a implementação computacional do método dos elementos finitos (MEF), permite concretizar os objetivos definidos para a unidade curricular, nomeadamente a compreensão e capacidade de aplicação do MEF para resolução de problemas de engenharia civil. A familiarização dos estudantes com um software de elementos finitos irá consolidar os conhecimentos adquiridos, dotando-os das necessárias competências para aplicação no meio profissional.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The teaching model based on theoretical/practical lessons, complemented with an assignment that involves the computational implementation of the finite element method (FEM), allows to achieve the objectives set for this curricular unit, namely understanding and implementing FEM for solving civil engineering problems. Student's familiarisation with a finite element software will allow the consolidation of the knowledge acquired, providing students with the necessary skills for application in a professional context.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *Alvaro F. M. Azevedo; Método dos Elementos Finitos, FEUP, 2003.*
(http://www.alvaroazevedo.com/publications/books/Livro_MEF_AA_1ed)
- *Cook, R. D.; Malkus, D. S.; Plesha, M. E.; Witt, R. J.; Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2001.*
- *Zienkiewicz, O. C.; Taylor, R. L.; The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics, Sixth Edition, Butterworth-Heinemann, 2005.*
- *Oñate, E.; Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos - Análisis Estático Lineal, Segunda Edición, CIMNE, 1995.*
- *Bathe, KJ. Finite element procedures. Klaus-Jurgen Bathe, 2006.*

Mapa IV - Segurança Estrutural e Análise de Risco / Structural Safety and Risk Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Segurança Estrutural e Análise de Risco / Structural Safety and Risk Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:
António Abel Ribeiro Henriques - 22h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:
António Milton Topa Gomes - 12h TP
Xavier das Neves Romão - 22h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Conhecer os fundamentos e saber aplicar as técnicas de modelação de incertezas associadas aos problemas de Engenharia Civil
Avaliar, quantificar e calcular a segurança com recurso às técnicas de fiabilidade e quantificar o risco inerente aos sistemas estruturais de Engenharia Civil.
Utilizar os modelos mais correntemente utilizados para caracterizar a variabilidade de sistemas estruturais.
Aplicar as técnicas de fiabilidade para calcular as probabilidades de falha.
Determinar a segurança estrutural com base numa abordagem probabilística e o nível de risco que lhe está associada.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
To know the basics and how to apply the techniques for modelling uncertainties in Civil Engineering problems.
Evaluate, quantify and calculate safety using reliability analysis techniques and quantify the risk inherent to Civil Engineering structures.
Apply commonly used models to characterize the variability of structural systems.
Apply reliability analysis techniques to calculate the probabilities of failure.
Evaluate the structural safety based on a probabilistic approach and determine the corresponding level of risk.

3.3.5. Conteúdos programáticos:
1- Introdução à Análise de Incertezas e Modelação
Tipos de incertezas e terminologia; Elementos da teoria de probabilidade.
2 - Modelação da Incerteza através de Dados
Distribuições probabilísticas correntes para variáveis aleatórias discretas e contínuas; Estatística descritiva; Intervalo de confiança; Testes de hipóteses.
3 - Segurança Estrutural e Regulamentação
Princípios normativos de dimensionamento; Abordagem probabilística e semi-probabilística; Valor característico e valor de cálculo; Coeficientes parciais de segurança.
4 - Teoria de Fiabilidade em Engenharia Civil
Hipóteses; Índice de fiabilidade; Métodos de fiabilidade; Métodos de simulação.
5 - Aplicação da Análise de Fiabilidade aos Regulamentos
Estados limites; Fiabilidade alvo; Calibração dos coeficientes parciais de segurança.
6 - Avaliação do Risco e Análise do Risco
Conceitos gerais; Gestão do risco; Comunicação do risco e decisão; Árvore de decisão; Árvore de acontecimentos; Árvore de falha; Diagramas de influência.

3.3.5. Syllabus:
1 - Introduction to Uncertainty Analysis and Modelling
Types of uncertainty and terminology; Elements of probability theory
2 - Uncertainty Modelling from Data
Common probability distribution models for discrete and continuous random variables; Descriptive Statistics; Confidence Interval; Goodness of Fit tests.
3 - Structural Safety according to Design Codes
Standardization of design principles; Probabilistic and semi-probabilistic approach; Characteristic value and design value; Partial safety factors.
4 - Reliability Theory in Civil Engineering
Assumptions; Definition of reliability index; Second-moment reliability methods; Simulation methods.
5 - Application of Reliability Analysis in Design Codes
Principles of limit state design; Target reliabilities for design; Calibration of partial safety factors.
6 - Risk Assessment and Risk Analysis
The general concepts of risk; Risk management; Risk communication and decisions; Decision trees; Event trees; Fault trees; Influence diagrams.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos aspetos relevantes no âmbito da avaliação da segurança estrutural e da análise de risco de sistemas construtivos utilizados nas construções de Engenharia Civil. Além disso, estes conteúdos garantem aos estudantes conhecimentos mais aprofundados das bases metodológicas que justificam as propostas regulamentares correntemente utilizadas no dimensionamento de estruturas. Os estudantes ficam assim dotados de conhecimentos profundos e competências técnicas, que lhes permitirão intervir de forma fundamentada e sustentável neste domínio.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus covers the necessary topics to reach the objectives of the course, since it includes information and training on the various aspects relevant for the assessment of structural safety and risk analysis of construction systems currently used in Civil Engineering. The syllabus also provides in depth knowledge about the methodological bases that govern the code approaches currently used in structural design. At the end of the course students will have acquired solid knowledge and technical skills that will allow them to act with a strong background in this field.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria são efetuadas nas aulas com cariz teórico-prático, com a explicação da teoria e dos modelos e a resolução de problemas práticos. Os trabalhos práticos propostos são discutidos e as dúvidas esclarecidas nas aulas.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (50%); Exame (50%)

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the subjects of the course are presented during theoretical classes, where the theories and models are introduced, together with the analysis of representative practical exercises. The practical assignments solved by the students are presented and discussed during practical classes.

Evaluation methods:

- Practical assignments (50%); Exam (50%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com desenvolvimento de pequenos trabalhos que servirão para a avaliação e sua ampla discussão garante a transmissão dos conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica. Acresce que o leque de capítulos coberto garante a utilização de abordagens diferenciadas na avaliação da segurança estrutural complementada com análise de risco, permitindo ao estudante ganhar competências para a utilização destas metodologias para situações menos correntes do projeto de estruturas.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical-practical model involving graded practical assignments contributes to an extensive discussion of different cases, while ensuring that knowledge is efficiently transmitted and that students remain engaged to further explore, extend and critically analyze such knowledge.

Moreover, the range of chapters that are covered, which address different methods for the assessment of structural safety complemented by risk analysis, allows the student to gain skills for the application of these methodologies over a wide range of design scenarios.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Ang, A.H.-S.; Tang, W.H. (1975). "Probability Concepts in Engineering Planning and Design", Wiley.*
- Ayyub, B.M. (2003). "Risk analysis in engineering and economics", Chapman & Hall/CRC.*
- Cremona, C. (2011). "Structural Performance. Probability-based Assessment", ISTE/Wiley.*
- Faber, M.H. (2007). "Risk and Safety in Engineering", ETH – Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.*
- Melchers, R.E. (1999). "Structural Reliability: Analysis and Prediction", Wiley.*

Mapa IV - Dimensionamento de Estruturas de Betão / Design of Concrete Structures

3.3.1. Unidade curricular:

Dimensionamento de Estruturas de Betão / Design of Concrete Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Rui Manuel Carvalho Marques de Faria - 38h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Nelson Saraiva Vila Pouca - 18h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Utilizando os conhecimentos prévios dos estudantes ligados ao cálculo de seções de elementos de betão armado (BA), esta UC tem por objetivo introduzir os princípios teóricos e práticos para a análise e dimensionamento de estruturas de BA, nomeadamente estruturas porticadas, lajes, paredes e fundações. É analisado o comportamento em serviço e na rotura, discutindo-se e aplicando-se as disposições do Eurocódigo 2. Esta UC tem por objetivo desenvolver as seguintes competências: (i) capacidade de elaboração de projetos de BA, apresentando peças desenhadas que permitam a correta execução em obra das estruturas, (ii) avaliação crítica das soluções encontradas, selecionando opções estruturais seguras com a melhor relação custo/desempenho, (iii) capacidade de resolver problemas de engenharia civil sem solução única e (iv) a iniciação na prática do projeto de estruturas de edifícios de BA.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

Building on students' prior knowledge regarding the calculation of reinforced concrete (RC) members, this CU aims to introduce the main theoretical and practical principles for the analysis and design of RC structures, namely portal

frames, slabs, walls and foundations. Serviceability and failure are analysed, allowing the discussion and application of the provisions of Eurocode 2. This CU aims the development of the following skills: (i) the ability to design RC projects by drawing structural solutions that allow the correct construction of structures on site; (ii) critical appraisal of the solutions found and selection of safe structural options with the best price-performance ratio; (iii) the ability to solve civil engineering problems that have no single solution; (iv) introduction to designing RC building structures.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Capítulo 1 - Estados limites de utilização. Comportamento das estruturas em fase de serviço. Efeitos da retração e fluência. Durabilidade das estruturas. Estado limite de fendilhação. Estado limite de deformação.

Capítulo 2 - Análise e dimensionamento de estruturas porticadas. Métodos de análise estrutural. Métodos simplificados de análise e verificação estrutural. Avaliação dos efeitos das ações horizontais. Efeitos globais de 2ª ordem.

Disposições de projeto e disposições construtivas. Exemplos.

Capítulo 3 - Análise do comportamento de lajes. Dimensionamento de lajes maciças e aligeiradas. Lajes fungiformes.

Dimensionamento de escadas em betão armado.

Capítulo 4 - Fundações em betão. Sapatas contínuas e sapatas isoladas. Sapatas comuns e ensoleiramentos. Maciços de encabeçamento de estacas.

3.3.5. Syllabus:

Chapter 1 - Serviceability limit states. Behaviour of structures during service life. Effects of concrete creep and shrinkage. Durability of structures. Cracking limit state. Deformation limit state.

Chapter 2 - Analysis and design of portal frames. Structural analysis methods. Simplified methods of structural analysis and review. Assessment of horizontal load effects. Global 2nd order effects. Project and construction provisions.

Examples.

Chapter 3 – Slabs behaviour analysis. Design of solid and voided slabs. Flat slabs. Design of reinforced concrete stairways.

Chapter 4 – Concrete foundations. Continuous and isolated footings. Common footings and mat foundations.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O programa proposto inicia-se no capítulo 1 com o tratamento do comportamento em serviço das estruturas de BA, abordando os estados limites de fendilhação e de deformação, essenciais na análise e projeto deste tipo de estruturas. Os capítulos subsequentes abordam de forma consistente os objetivos definidos para a UC, transmitindo conhecimentos para a análise e dimensionamento de estruturas porticadas (capítulo 2), de lajes de diferentes tipologias (capítulo 3) e de fundações em betão armado (capítulo 4).

Os estudantes são incentivados a desenvolver soluções para o correto dimensionamento de estruturas de edifícios de betão armado, aplicando as disposições constantes do Eurocódigo 2. Em todas as tipologias estruturais tratadas no programa proposto é requerida e treinada a apresentação de peças desenhadas, que permitam a correta execução em obra dos elementos dimensionados.

Uma vez que as soluções encontradas para cada tipologia estrutural são múltiplas, os estudantes são solicitados a escolher criticamente as que apresentam a melhor relação custo/desempenho, satisfazendo sempre as exigências de segurança e o bom comportamento em serviço. Desta forma é estimulado o espírito crítico e a criatividade, buscando a otimização das soluções de dimensionamento de estruturas de BA.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The proposed syllabus starts in Chapter 1 by addressing the serviceability of RC structures, and approaching the cracking and deformation limit states, which are crucial for the analysis and design of this type of structures. The following chapters consistently approach the objectives set for this CU, transmitting knowledge to allow the analysis and design of portal frames (Chapter 2), different types of slabs (Chapter 3), and reinforced concrete foundations (Chapter 4).

Students are encouraged to develop solutions for the appropriate design of reinforced concrete building structures, by applying the provisions set out in Eurocode 2. For all types of structures addressed in the syllabus, students will have to draw structural solutions that allow the correct construction of the designed structures on site.

Since there are multiple solutions for each type of structure, students are required to critically choose the best price-performance ratio, while complying with all safety requirements as well as ensuring good serviceability. This fosters critical thinking and creativity in the search for optimising design solutions for RC structures.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria é efetuada nas aulas teórico-práticas, com a explicação dos modelos e a resolução de problemas elucidativos. Os trabalhos práticos propostos abordando as diferentes tipologias estruturais, bem como o esclarecimento das dúvidas que surgem na aplicação dos modelos e na elaboração das peças desenhadas ocorrem nas aulas.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (25%); Exame (75%)

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the topics are presented and discussed in the theoretical/practical classes, with an explanation of the models and the resolution of illustrative practical problems. The practical assignments regarding the different types of structures, as well as the clarification of any doubts that arise from applying the models and elaborating the structural solutions drawn also take place during classes.

Evaluation methods:

- Practical assignments (25%); Examination (75%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A apresentação nas aulas teórico-práticas dos princípios que fundamentam a análise e o dimensionamento de estruturas de betão armado, conjuntamente com a apresentação das disposições aplicáveis do Eurocódigo 2, introduz a formação essencial que esta UC visa conferir aos estudantes no domínio do projeto dos diferentes elementos de um edifício. Em apoio a esta formação, nas aulas são igualmente apresentados exemplos de aplicação abordando cada uma das matérias que integram o programa da UC. Adequadamente selecionados para demonstração da correta utilização daqueles princípios e disposições, estes exemplos de aplicação dotam os estudantes da formação essencial para autonomamente resolverem os trabalhos que lhes são depois propostos para resolução nas aulas. Nas aulas os estudantes são incentivados a apresentarem as dúvidas sentidas na resolução dos trabalhos propostos sobre todas as matérias lecionadas, discutindo as respetivas soluções para o correto dimensionamento de estruturas de edifícios de betão armado, e aplicando as disposições constantes do Eurocódigo 2. O adestramento na elaboração das peças desenhadas que permitam a correta execução em obra dos elementos dimensionados é igualmente tratado nas aulas.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Presentation of the principles upon which we base the analysis and design of reinforced concrete structures in the theoretical/practical classes, along with the presentation of the applicable provisions of Eurocode 2, introduces the basic training that this CU aims to provide students regarding the design of the different structures in a building. In order to support this training, examples of application for each of the topics included in the syllabus of the CU are also presented in classes. Adequately selected to demonstrate the correct use of those principles and provisions, these examples of application provide students with basic training to autonomously carry out the assignments that are later proposed to them in classes. During classes, students are encouraged to raise any doubts they may have when solving the proposed assignments regarding any of the topics approached. They must also discuss the corresponding solutions for an adequate design of reinforced concrete building structures and apply the provisions set out in Eurocode 2. Here, they also practice the elaboration of the structural solutions drawn, which will allow the correct on site construction of the structures designed.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Júlio Appleton (2013) - "Estruturas de Betão" - Vols 1 e 2, Edições ORION, 2013
- Bill Mosley [et al.] (2007) - "Reinforced Concrete Design to Eurocode 2", 6th Edition, Palgrave Macmillan
- Arthur H Nilson [et al.] (1991) - "Design of Concrete Structures", 11th Edition, McGraw-Hill International Editions
- Slides de apresentação das aulas teóricas (2013, 2014, 2015)
- Apontamentos desenvolvidos pelos docentes (2013, 2014, 2015)

Mapa IV - Dinâmica de Solos e de Estruturas / Dynamics of Soils and Structures**3.3.1. Unidade curricular:**

Dinâmica de Solos e de Estruturas / Dynamics of Soils and Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Rui Artur Bártolo Calçada - 14h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Filipe Manuel Rodrigues Leite Magalhães - 12h TP
Carlos Manuel Ramos Moutinho - 12h TP
Pedro Miguel Barbosa Alves Costa - 18h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

A presente unidade curricular visa complementar a formação na área científica de estruturas e geotecnia, dotando a formação geral com conhecimentos de dinâmica de estruturas e de solos. Com a frequência da Unidade Curricular um estudante deve:

- *Identificar os conceitos e as particularidades da formulação das equações de equilíbrio inerentes à dinâmica de estruturas;*
- *Descrever os principais métodos de análise dinâmica de sistemas estruturais solicitados por diversos tipos de ações dinâmicas, incluindo a interação solo-estrutura;*
- *Conhecer e interpretar ensaios de caracterização dinâmica de estruturas e de solos;*
- *Analisar e distinguir as particularidades da resposta dinâmica de estruturas e de maciços geotécnicos;*
- *Resolver um conjunto de problemas práticos de estruturas de engenharia civil solicitados por ações dinâmicas tais como as resultantes de tráfego, vento ou sismos.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This curricular unit aims to complement students' education in the scientific field of structures and geotechnics by enriching the general training with specific knowledge on dynamics of soils and structures. Upon attendance of the Curricular Unit, students should:

- *Identify the concepts and specificities on the formulation of equilibrium equations related to the dynamics of structures;*

- Describe the main dynamic analysis methods for structural systems demanded by several types of dynamic action, including soil-structure interaction;
- Know and interpret tests for the dynamic characterisation of structures and soils;
- Analyse and distinguish the specificities of the dynamic behaviour of geotechnical structures and ground;
- Solve a set of practical problems on civil engineering structures demanded by dynamic actions, such as the ones arising from traffic, winds or earthquakes.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Dinâmica de estruturas

Sistemas lineares de um grau de liberdade

- Resposta em vibração livre e forçada
- Identificação experimental da frequência natural e do coeficiente de amortecimento
- Funções de forma e definição de sistemas de 1 g.l. generalizados
- Resposta a uma ação generalizada no domínio da frequência e do tempo

Sistemas lineares com vários graus de liberdade

- Determinação de frequências e modos de vibração
- Método de sobreposição modal para determinação da resposta a uma excitação generalizada
- Formulações para inclusão do amortecimento
- Obtenção da resposta através da integração no domínio do tempo e da formulação de estado

Dinâmica de solos

- Noções básicas sobre propagação de ondas em maciços geotécnicos
- Caracterização dinâmica de solos: ensaios in-situ e de laboratório
- Modelação do comportamento dinâmico de maciços
- Efeitos de amplificação local

Interação dinâmica solo-estrutura

- Metodologias simplificadas para inclusão da interação solo-estruturas.

3.3.5. Syllabus:

Dynamics of structures

SDOF (Single-degree-of-freedom) linear systems

- Free and forced vibration response;
- Experimental identification of natural frequencies and damping ratio;
- Shape functions and setting up of generalised SDOF systems;
- Response to a generalised action in time and frequency domain.

MDOF (Multi-degree-of-freedom) linear systems

- Determination of frequencies and vibration modes;
- Modal superposition method for determining the response to a generalised excitation;
- Formulations for inclusion of damping;
- Obtaining a response through the integration of time domain and the formulation of state.

Dynamics of soils

- Basics on wave propagation in geotechnical ground;
- Dynamic characterization of soils: in situ and laboratory tests;
- Modelling of the dynamic behaviour of ground;
- Local amplification effects.

Soil-structure dynamic interaction

- Simplified methodologies for inclusion of soil-structure interaction.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O programa engloba todos os tópicos mais importantes nos campos da dinâmica de solos e de estruturas, oferecendo em simultâneo uma formação base sólida que permite uma compreensão dos problemas do ponto de vista fundamental, mas também apresentando um conjunto de princípios e ferramentas para a resolução de problemas de diferente complexidade envolvendo ações dinâmicas, dotando o estudante das competências necessárias às UCs subsequentes do presente Mestrado.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus includes the most important topics in the fields of dynamics of soils and structures, while providing sound core education that allows students to understand problems from a fundamental point of view. It also presents a set of principles and tools for solving problems with different degrees of complexity involving dynamic actions, providing the student with the skills necessary for the subsequent CUs of this Master's cycle of studies.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria é efetuadas em aulas com cariz teórico-prático, com a explicação da teoria e dos modelos e a resolução de problemas práticos, incentivando-se o desenvolvimento e utilização de ferramentas de cálculo matricial. Os trabalhos práticos propostos são discutidos e as dúvidas esclarecidas nas aulas. Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (30%); Exame (70%)

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the topics are presented and discussed in the theoretical/practical classes, with an explanation of the theories and models, and the resolution of practical problems, thus fostering the development and use of matrix calculation tools. The

practical assignments proposed are discussed and any doubts that arise are clarified in classes.

Evaluation methods:

- Practical assignments (30%); Examination (70%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com desenvolvimento de pequenos trabalhos que servirão para a avaliação e ampla discussão garante a transmissão dos conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica. Acresce que o leque de capítulos coberto garante a utilização de abordagens diferenciadas na avaliação da resposta dinâmica de sistemas estruturais complexos (incluindo a interação solo-estrutura), permitindo ao estudante ganhar competências para a utilização destas metodologias nas UCs subsequentes.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical/practical model involving small graded assignments contributes to an extensive discussion of different cases, while ensuring the transmission of knowledge and keeping students engaged to further explore, extend and critically analyse such knowledge.

Moreover, the range of topics covered, which address different methods for the assessment of the dynamic response of complex structural systems (including soil-structure interaction), allows students to acquire skills for the application of these methodologies in the subsequent CUs.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Anil K. Chopra; Dynamics of Structures (4th Edition). Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics; 2014; ISBN-13: 978-0132858038

- Ray W. Clough and Joseph Penzien; Dynamics of structures (3rd Edition); 2003; ISBN-13: 978-0070113923

- Towhata, I., Geotechnical Earthquake Engineering; Springer Series in Geomechanics and Geoengineering; 2008; ISBN 13: 9783642071454

Mapa IV - Fundações / Foundations

3.3.1. Unidade curricular:

Fundações / Foundations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

António Joaquim Pereira Viana da Fonseca - 28h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Pedro Miguel Barbosa Alves Costa - 14h TP

Nelson Saraiva Vila Pouca - 14h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Esta unidade curricular tem como objetivo dotar os estudantes de conhecimentos nas áreas da conceção e dimensionamento de novas fundações, superficiais e profundas, envolvendo estruturas onshore e offshore quando sujeitas a ações estáticas e cíclicas. Serão ainda discutidos os aspetos mais relevantes do reforço de fundações. A unidade curricular deverá conduzir à consolidação de conhecimentos, já adquiridos noutros ciclos de estudos, sobre métodos de reconhecimento de maciços terrosos e mecânica dos solos aplicada em obras geotécnicas. Os estudantes adquirirão conhecimentos sobre técnicas de avaliação do comportamento de fundações com particular ênfase para a interação solo-estrutura, bem como da escolha de soluções apropriadas às condições do terreno existente, das solicitações e do tipo de estrutura. A componente de dimensionamento estrutural das fundações será envolvida nesta UC em particular o dimensionamento estrutural de estacas de betão armado e respetivos maciços.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This curricular unit aims to provide the students with knowledge in the design of new foundations, shallow and deep, and in these in onshore and offshore when subjected to static and cyclic actions, and also in the strengthening of existing foundations.

The curricular unit shall conduct to the consolidation of knowledge, previously acquired in other study cycles, regarding soil mechanics applied to geotechnical works. The students shall acquire knowledge on the techniques to evaluate foundation's performance with emphasis to soil-structure interaction and on the criteria to select the solutions appropriated to existing ground conditions, loading and type of structure.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Reconhecimento de maciços para o dimensionamento de fundações de edifícios e obras de arte. Princípio dos Eurocódigos para dimensionamento geotécnicos de fundações. Fundações superficiais: Verificação da segurança relativamente à capacidade de carga e comportamento em serviço. Interação solo-estrutura: metodologias de análise e sua aplicação a casos de estudo. Dimensionamento geotécnico e estrutural de soluções de fundação por ensoleiramento geral.

Fundações profundas: métodos de execução. Dimensionamento de estacas submetidas a ações axiais e transversais. Grupos de estacas: análise dos efeitos de grupo para estacas submetidas a ações axiais e transversais.

Assentamento de estacas isoladas e em grupos. Dimensionamento estrutural. Ensaios de carga verticais e horizontais. Ensaios de integridade de estacas. Ensoleiramentos estaqueados. Sistemas e dimensionamento de fundação em offshore. Reabilitação e reforço de fundações: Patologias, soluções e métodos construtivos.

3.3.5. Syllabus:

Ground characterization for the design of foundations of buildings and special structures. Eurocodes for geotechnical and structural design of foundations. Shallow foundations: safety factors regarding ultimate capacity and serviceability. Soil-structure interaction. Geotechnical and structural design of mat foundations. Deep foundations: methods of construction; design of piles subjected to axial and transverse loads; pile groups: analysis of the group effect on systems subjected to axial and transverse loads; settlement estimation of single piles and in groups; structural design. Piled Raft systems. Vertical and horizontal pile load tests: description and interpretation; application to the design. Integrity / quality of piles: destructive/non-destructive methods. Offshore-foundation systems and design. Rehabilitation and strengthening/reinforcement of foundations: pathologies, reinforcement solutions and construction methods.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos foram desenvolvidos de modo a que, numa fase inicial, sejam revistos e consolidados conhecimentos já adquiridos noutros ciclos de estudos sobre o dimensionamento de fundações correntes. Posteriormente são apresentadas técnicas construtivas, métodos de dimensionamento e controlo de qualidade de fundações profundas, dotando os estudantes de conhecimentos necessários para a tomada de decisão sobre a solução adequada e seu desenvolvimento e construção. Relativamente ao módulo sobre o reforço de fundações, a transmissão de conhecimentos incide fundamentalmente numa das áreas definidas como prioritária para esta unidade curricular, designadamente na identificação de patologias nas fundações ou identificação de patologias na construção associadas a deficiente comportamento das fundações. Neste âmbito serão discutidos os aspetos mais relevantes associados às condicionantes à execução dos trabalhos de reforço e a adequação dos meios e técnicas de reforço a situações particulares. Desta forma será possível dotar os estudantes das competências e conhecimentos relevantes para esta área de intervenção.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus were developed in order that at the beginning of the semester, concepts learned in previous study cycles regarding design of common foundations are reviewed and consolidated. On the following topics, the construction techniques, design methods and quality control of deep foundations are presented, providing the students with the knowledge required for decision making on the adequate solution, its development and implementation. Regarding to the chapter on foundation strengthening, the information will be provided on an area deemed as a priority for this curricular unit. It will focus on the identification of foundation pathologies and definition of adequate strengthening techniques. This will allow the students to acquire the skills and knowledge deemed relevant to this area of intervention.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas permitem a exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais relacionadas com o dimensionamento e reforço de fundações bem como a apresentação e resolução de problemas enquadrados na matéria exposta.

Nestas aulas pretende-se ainda que os estudantes, com a orientação do docente, resolvam alguns dos exercícios que constam das fichas da unidade curricular.

As aulas teórico-práticas incluem a elaboração de um trabalho de síntese com acompanhamento tutorial do docente.

Métodos de avaliação:

- Projeto (40%) ; Exame (60%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical and practical classes allow detailed explanation of concepts, principles and theories related to the design and strengthening of foundations and the presentation and problem solving.

In these classes it is intended the students, with the guidance of teachers, solve some of the exercises contained in the records of the course.

The classes include a coursework with tutorial monitoring.

Evaluation method:

- Project (40%); Exam (60%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A metodologia de ensino adotada consiste numa mistura equilibrada entre a apresentação de conceitos e técnicas de dimensionamento e reforço, o trabalho individual de resolução de problemas e a elaboração de um trabalho de síntese sobre os conhecimentos adquiridos. Deste modo os estudantes serão capazes de utilizar os conhecimentos na resolução de problemas complexos e de integrar equipas multidisciplinares para a elaboração de projetos de fundações especiais, bem como orientar a sua execução.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The teaching methodology adopted consists on a balanced mixture of presentation of concepts regarding foundation design and strengthening, individual work on problem solving, and the production of a synthesis work on the acquired knowledge. This will capacitate the students to use their acquired knowledge to solve complex problems and integrate multidisciplinary teams to elaborate the design of special foundation, and guide their construction.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção. Edições Orion.*
- *Coduto, D.P. (2001). Foundation design. ISBN: 0-13-589706-8*
- *Milititsky, J., Consoli, N., Schnaid, F. (2006). Patologia das Fundações. Oficina de Textos, Brasil.*
- *FHWA (2005). Micropile Design and Construction—Reference Manual. Publication No. FHWA–NHI–05–039, US Department of Transportation, USA.*
- *Viana da Fonseca, A. & Santos, J. (2008). International Prediction Event. Behaviour of Bored, CFA and Driven Piles in Residual Soil. ISC'2 experimental site. (FEUP/IST): ISBN: 978-972-752-104-3.*
- *Randolph, M., Gourvenec, S. (2011). Offshore Geotechnical Engineering. Spon Press, 2 Park Square, Milton Park.*
- *Fellenius, Bengt H. (2002). Basics of Foundation Design.*
- *Viana da Fonseca, A. (1996). Geomecânica dos solos residuais do granito do Porto. Tese de Doutoramento, FEUP.*
- *Rodrigo Salgado (2006). The Engineering of Foundations, McGraw-Hill Sci./Eng/Math, 2006. ISBN: 0072500581.*

Mapa IV - Projeto 1 / Project 1**3.3.1. Unidade curricular:**

Projeto 1 / Project 1

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

António José de Magalhães Silva Cardoso – 11,2h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Nelson Saraiva Vila Pouca – 11,2h TP

Afonso António de Serra Neves – 11,2h TP

Alberto Mário Vasconcelos Tavares Moreira – 11,2h TP

Mário Jorge de Seixas Pimentel – 11,2h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

As UCs de Projeto 1 e 2 têm como objetivos comuns:

- *integrar os conhecimentos adquiridos noutras UCs, visando a concretização de um projeto de uma obra;*
- *conhecer e discutir as metodologias de projeto e seu faseamento;*
- *adquirir capacidade de reflexão sobre o projeto, tendo em vista especificar os objetivos, traçar o rumo a seguir e definir os seus requisitos e condicionantes no que respeita às propriedades dos materiais e sua caracterização, aos critérios de dimensionamento, à sustentabilidade, à durabilidade, etc.*
- *desenvolver capacidade crítica sobre o uso dos meios de cálculo apropriados face às circunstância e condicionantes de cada projeto;*
- *conceber soluções construtivas viáveis e especificá-las adequadamente através das regras do caderno de encargos. Os estudantes devem adquirir uma compreensão aprofundada do tópico particular que escolheram desenvolver.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The Project 1 and Project 2 CUs have the following objectives in common:

- *Integrate the knowledge acquired in other CUs with the aim of carrying out a construction work project;*
- *Get to know and discuss project methodologies and corresponding scheduling;*
- *Acquire the ability to critically think about the project with the aim of specifying the objectives, setting the direction to follow and determine its requirements and constraints regarding material properties and their characterisation, design criteria, sustainability, durability, etc.*
- *Develop critical analysis skills regarding the use of calculation methods that are adequate in face of the circumstances and constraints of each project;*
- *Envisage viable construction solutions and adequately specify them in the Terms of Reference. Students must acquire expertise on the particular topic they have chosen to develop.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O Projeto 1 visa:

- 1) *conceber e discutir soluções de projeto para diferentes tipos de obra;*
- 2) *desenvolver essas soluções ao nível de estudo prévio, o que implica comparar soluções alternativas e selecionar justificadamente a que é considerada melhor; essa seleção implica considerações sobre os processos de execução, sobre os impactes ambientais, sobre a durabilidade e sobre custos, numa palavra, sobre a sustentabilidade. Os aspetos de interação da estrutura com o terreno envolvente serão sempre considerados, particularmente nos casos em que assumam maior relevância. Os projetos – a desenvolver até ao nível de estudo prévio – podem ser de diferentes tipos: estruturas de edifícios, de naves industriais, de viadutos, etc., escavações suportadas, estabilidade de taludes, túneis, etc. Os materiais estruturais também podem ser distintos.*

3.3.5. Syllabus:

Project 1 aims to:

- 1) *Envisage and discuss project solutions for different types of works;*
- 2) *Develop these solutions at the level of a preliminary study, which entails comparing alternative solutions and making*

a justified choice of the best option. This selection involves considerations regarding the construction processes, environmental impacts, durability and costs; in one word, regarding sustainability. The aspects of interaction between the structure and the surrounding land are always taken into account, particularly in the cases where they take on greater relevance. Projects – to be developed up to the level of preliminary study – can be of different types: building structures, industrial premises, viaducts, supported excavation, slope stability, tunnels, etc. There can also be different structural materials.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação adequadas tendo em vista proporcionar aos estudantes a capacidade de refletirem e tomarem decisões, técnica e cientificamente suportadas, mas atendendo aos condicionantes envolventes (custos, sustentabilidade, etc.), sobre a melhor solução estrutural (ou de reabilitação estrutural) para resolver uma determinada necessidade.

O carácter integrador da UC assume igualmente grande importância para que o estudante adquira, através de uma experiência potencialmente concretizável – o desenvolvimento de um projeto para resolução de um problema “real” –, experiência sobre a complexidade que envolve a resolução de um problema e sobre quais as metodologias disponíveis.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:

The syllabus is a structured response to the objectives of the curricular unit, since it includes all the information and training needed to foster students’ critical thinking and decision-making skills dully supported on technical and scientific knowledge, but also taking into account all the constraints involved (costs, sustainability, etc.) regarding the best structural (or structural rehabilitation) solution to address a specific need.

The integrating nature of this CU also takes on great importance for students to gain experience, through a potentially achievable situation, on the complexity involved in problem-solving and the choice of methods available. Students gain experience by developing a project in order to solve a “real” problem.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os projetos a desenvolver no âmbito da UC serão realizados individualmente ou por grupos de 2 estudantes.

As sessões obrigatórias contemplam:

- sessões teóricas focadas em aspetos relevantes dos projetos a desenvolver;
 - sessões coletivas coordenadas pelos docentes, centradas na discussão da conceção estrutural dos projetos;
 - sessões de apoio dos docentes a cada grupo para o desenvolvimento do seu projeto.
 - sessões especiais com projetistas convidados para apresentação e discussão de projetos relevantes da sua autoria.
- Os estudantes terão que desenvolver trabalho fora da sala de aula.*

Cada grupo apresenta o seu projeto proporcionando a sua discussão com os docentes e os outros estudantes.

Métodos de avaliação:

As classificações individuais são atribuídas por um júri de 3 professores tendo por base o trabalho prático de projeto desenvolvido, considerando-se as seguintes componentes: conteúdo – 65%; forma – 15%; apresentação e discussão – 20%.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The projects developed within this CU will be carried out individually or in groups of 2 students.

Mandatory sessions include:

- Theoretical sessions focused on relevant aspects of the projects to be developed;
- Collective sessions, coordinated by teachers, focused on discussing the conceptual structural design of the projects;
- Support sessions where teachers help each group in the development of their projects;
- Special sessions with guest project designers for presentation and debate of projects of their authorship;

Students must also develop work outside class time.

Each group presents its project and discusses it with the teachers and the other students.

Evaluation methods:

Individual grades are assigned by a jury of 3 teachers based on the practical project work carried out and taking into account the following items: content – 65%; form – 15%; presentation and debate – 20%

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

As metodologias de ensino podem resumir-se do seguinte modo:

- sessões de carácter expositivo teórico-prático;
- sessões coletivas de discussão, com a participação e orientação dos docentes;
- sessões tutoriais de grupo em ambiente de sala de aula para acompanhamento do desenvolvimento dos trabalhos; o facto de estas sessões decorrerem em sala de aula propicia a troca de impressões entre os grupos, os quais podem ir acompanhando o que os colegas dos outros grupos vão fazendo;
- trabalho de desenvolvimento da solução para o projeto que tocou ao grupo.

Sendo os objetivos da aprendizagem integrar conhecimentos adquiridos noutras UCs, perceber e aplicar metodologias de projeto, tendo presente o seu processo evolutivo, refletir sobre o projeto, tendo em vista especificar os seus objetivos, traçar o rumo a seguir e definir os seus requisitos e condicionantes, desenvolver capacidade crítica sobre o uso dos meios de cálculo apropriados face às circunstância e condicionantes de cada projeto e conceber soluções construtivas viáveis e especifica-las adequadamente através das regras do caderno de encargos, entende-se que as metodologias de ensino referidas proporcionam um quadro referencial propício a que esses objetivos sejam alcançados.

O desafio que constitui para os estudantes o facto de terem que desenvolver projetos para resolução de problemas, tanto quanto possível, “reais”, isto é, o facto de os estudantes serem submetidos a uma experiência potencialmente concretizável, confronta-os com a necessidade de integrarem conhecimentos e selecionarem os materiais e as

metodologias mais adequados, proporcionando a aquisição de conhecimentos profundos, particularmente sobre os aspetos envolvidos no projeto que lhes tocou desenvolver.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Teaching methodologies can be summed up as follows:

- *Theoretical/practical sessions of expository nature;*
- *Collective discussion sessions with the participation and guidance of teachers;*
- *Tutorial group sessions in the classroom to follow up the development of the assignments; the fact that these sessions take place in the classroom allows the exchange of opinions among different groups and also enables students to keep up with the work of other groups;*
- *Development of the solution found for the project assigned to each group.*

Since the learning objectives are to integrate the knowledge acquired in other CUs, perceive and apply project methodologies bearing in mind their evolution process, reflect about the project with the aim of specifying its objectives, setting the direction to follow and determine its requirements and constraints, develop critical analysis skills regarding the use of calculation methods that are adequate in face of the circumstances and constraints of each project, and envisage viable construction solutions and adequately specify them in the Terms of Reference, it is our understanding that the above-mentioned teaching methodologies provide an adequate framework to attain these objectives.

The fact that students have to develop projects to solve problems that are "real" to the greatest extent possible, i.e. the fact they are involved in a potentially achievable situation, sets a challenge and confronts them with the need to integrate knowledge and select the best suited materials and methodologies, allowing students to acquire expertise, particularly regarding the areas involved in the project that was assigned to them.

3.3.9. Bibliografia principal:

A bibliografia é essencialmente a das outras UCs, em particular das UCs mais relacionadas com o projeto concreto que tocou ao estudante desenvolver.

Textos e notas de apoio preparadas pelos docentes

Pedro Pacheco, Nelson Vila Pouca; Manual de Apoio ao Trabalho de Projecto, FEUP; 2007.

Bungale S. Taranath, Wind and Earthquake Resistant Buildings Structural Analysis and Design, MARCEL DEKKER, New York, 2005.

Karoly A. Zalka; Structural Analysis of Regular Multi-Storey Buildings, CRC Press, 2012.

Bungale S. Taranath; Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction, CRC Press, 2016.

Mapa IV - Estruturas Metálicas e Mistas / Steel and Composite Structures

3.3.1. Unidade curricular:

Estruturas Metálicas e Mistas / Steel and Composite Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Elsa de Sá Caetano - 30h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

José Miguel de Freitas Castro - 26h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

A unidade curricular tem por objetivo promover a utilização de conhecimentos da Resistência de Materiais, Análise Não-linear e de Estabilidade Estrutural no projeto de estruturas de aço e mistas, fazendo a transição entre o conhecimento científico e a prática de projeto. No final desta unidade curricular, o estudante deverá ter adquirido competências que lhe permitam abordar o projeto de estruturas de aço e mistas, em particular:

- *Conhecimento dos princípios de base da regulamentação europeia atual: Eurocódigos 3 e 4*
- *Dimensionamento de estruturas de aço*
- *Dimensionamento de vigas mistas aço-betão*
- *Dimensionamento de ligações em estruturas de aço.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This subject aims at promoting the use of knowledge gained in the area of Strength of Materials, Non-linear Analysis and Structural Stability in the design of Steel and Composite Structures. Therefore a transition is made from the scientific knowledge to the application in design. At the end of this subject, the student should have gained competences to design steel and composite structures, in particular:

- *Basis of design in presently available European standards: Eurocodes 3 and 4*
- *Design of steel structures*
- *Design of composite steel-concrete beams*
- *Design of joints in steel structures*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1- Bases de projeto (EC3 e EC4). Propriedades dos materiais

2- Análise global de estruturas. Imperfeições geométricas, efeitos de 2ª ordem, análise elástica vs análise plástica

- 3- *Classificação de seções transversais segundo o Eurocódigo 3*
- 4- *Dimensionamento de seções transversais em tração e flexão*
- 5- *Dimensionamento de elementos estruturais em tração e em flexão simples. Resistência ao esforço transverso. Interação momento-fletor- esforço transverso e momento fletor- esforço axial.*
- 6- *Dimensionamento de barras comprimidas axialmente*
- 7- *Encurvadura lateral de barras fletidas*
- 8- *Encurvadura por esforço transverso*
8. *Dimensionamento de barras comprimidas e fletidas*
9. *Estruturas mistas aço-betão: dimensionamento de vigas mistas*
10. *Dimensionamento de ligações*

3.3.5. Syllabus:

- 1- *Basis of design (EC3 and EC4). Material properties*
- 2- *Global analysis of steel frames. Geometric imperfections. P-Delta and P-delta effects. Elastic vs plastic analysis*
- 3- *Classification of cross sections according to EC3.*
- 4- *Design of tension and bending cross-sections*
- 5- *Design of members in tension and bending. Resistance to shear. Interaction bending moment- shear and bending moment-axial force*
- 6- *Design of members in compression*
- 7- *Lateral buckling of members in bending*
- 8- *Local shear buckling*
- 9- *Steel-concrete composite structures: design of composite beams*
- 10- *Design of joints*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A unidade curricular tem por objetivo a aplicação de conhecimentos anteriormente adquiridos e de regulamentos existentes ao dimensionamento de estruturas metálicas e mistas. Esta unidade curricular procura fazer a transição entre a aprendizagem teórica e a atividade profissional no âmbito do projeto das estruturas referidas.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The curricular unit aims to apply previously acquired knowledge and existing codes to the design of steel and composite structures. This curricular makes the transition between theoretical learning and professional activity within the design of these structures.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria são efetuadas nas aulas com cariz teórico-prático, com a explicação da teoria e dos modelos e a resolução de problemas práticos. Os trabalhos práticos propostos são discutidos e as dúvidas esclarecidas nas aulas.

Métodos de avaliação:

- *Trabalhos práticos (25%); Exame (75%).*

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Teaching methodologies involve the study of main themes related to the design of steel and composite structures, analysis, discussion and critical interpretation of results, emphasizing the potential of written communication, problem formulation and design verification. Practical examples of application are assigned and discussed in class.

Methods of evaluation:

- *Assignments (25%); Final exam (75%)*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A apresentação das matérias é realizada com exemplos práticos de aplicações simples ao projeto, de modo a dotar os estudantes de competências para o projeto de estruturas metálicas.

A formação é complementada com trabalhos práticos realizados em pequenos grupos simulando pequenos projetos de estruturas metálicas.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The presentation of the subject contents is made based on practical examples of application to the design of simple steel and composite structures in order to make the students achieve steel design competences.

Complementary assignments are proposed to be solved by the students in small groups, simulating the steel design context.

3.3.9. Bibliografia principal:

Simões, Rui (2005); Manual de Dimensionamento de Estruturas Metálicas, CMM. ISBN: 972-98376-6-1

EN 1993-1-1:2005 (Eurocódigo 3)

EN 1993-1-8:2005 (Eurocódigo 3)

EN 1994-1-1:2004 (Eurocódigo 4)

Regulamento de Segurança e Ações (RSA)

ESDEP (<http://www.esdep.org/members/master/toc.htm>)

Elsa Caetano; Estruturas Metálicas e Mistas, transparentes de apoio às aulas teóricas e práticas, 2008/09

Mapa IV - Análise Estrutural Não-Linear / Structural Nonlinear Analysis**3.3.1. Unidade curricular:***Análise Estrutural Não-Linear / Structural Nonlinear Analysis***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Rui Manuel Menezes Carneiro de Barros - 44h TP***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Mário Jorge Seixas Pimentel - 12h TP***3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Os objetivos da aprendizagem nesta UC são a formação técnica teórica e prática (conhecimentos, aptidões e competências) para que estudantes: (1) Entendam as diferenças entre equilíbrios de 1ª ordem e de 2ª ordem, e quais as consequências dessas análises estruturais; (2) Derivem as formulações elementar e consistente das matrizes de rigidez para treliças, vigas e pórticos usando o Teorema do Trabalho Virtual; (3) Analisem o equilíbrio de 2ª ordem não-linear (NL) elástico e o correspondente comportamento de treliças e pórticos bidimensionais e tridimensionais, à mão (para estruturas simples) e usando software Robot Millennium, MATLAB e SAP (entre outros); (4) Modelem o comportamento NL de 2ª ordem de pórticos planos metálicos translacionais de acordo com Eurocódigo 3; (5) Modelem o comportamento NL geométrico de 2ª ordem de associações simples de barras de betão armado (BA) e de pórticos de BA de acordo com Eurocódigo 2; (6) Leiam, interpretem e compreendam a literatura técnica moderna.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The intended learning outcomes of the curricular unit (course) are the transmission of technical theoretical and practical knowledge skills and competences, for the students to be able to: (1) Understand the differences between 1st order and 2nd order equilibrium and the corresponding analysis of structures, and their consequences; (2) Derive the elemental and consistent stiffness matrices for trusses, beams and frames using Virtual Work (VW); (3) Analyze the 2nd order nonlinear (NL) elastic equilibrium and behavior of two dimensional and three dimensional trusses and frames by hand (for simple structures) and using software Robot Millennium, MATLAB and SAP (among others); (4) Model the 2nd order NL plane behavior of metallic translational frames according to Eurocode 3; (5) Model 2nd order geometric behavior of simple assemblages of R/C members and R/C frames according to Eurocode 2; (6) Better read, interpret and understand modern technical literature.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Revisão da análise matricial de estruturas pelo método dos deslocamentos. Análise não linear geométrica na análise estrutural elástica (ANLE) por equilíbrio de 2ª ordem. Degradação da rigidez estrutural até ação limite. Formulações elementar e consistente da matriz de rigidez geométrica. Instabilidade estrutural como problema matricial de valores e vectores próprios da estabilidade de estruturas. Método iterativo de Vianello. Método das ações laterais equivalentes (método P-Δ). ANLE para: treliças; pórticos planos sob ações axiais e flexionais; estruturas com barras sob esforço axial e torção; estruturas reticuladas tridimensionais. ANLE para estruturas metálicas em aço. Instabilidade de pórticos ortogonais de edifícios não-translacionais e translacionais. Análise de pórticos translacionais contraventados e não-contraventados por teoria de 2ª ordem. ANLE para pórticos de betão armado. Efeitos de 2ª ordem através da rigidez nominal e da curvatura nominal; considerações de fluência.

3.3.5. Syllabus:

Review of the matrix analysis of structures by the displacement method. The nonlinear geometric analysis in the elastic structural analysis (ENLA) by 2nd order equilibrium equations. Degradation of structural stiffness until a limit action. Elemental and consistent formulations of geometric stiffness matrix. Structural instability as a matrix problem of eigenvalues and eigenvectors of the stability of structures. Iterative method of Vianello. Method of equivalent lateral load (method P-Δ). ENLA for: trusses; plane frames under axial and flexural loads; structures with bars under axial force and torque; three-dimensional framed structures. ENLA for steel structures. Instability of orthogonal building frames, translational non-translational. Analysis of translational braced frames and non-braced frames by 2nd order theory. ENLA for framed reinforced concrete simple structures. Local 2nd order effects, by nominal stiffness and nominal curvature; inclusion of creep effects.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

No final desta unidade curricular os estudantes serão capazes de: (1) Entender as diferenças entre equilíbrios de 1ª ordem e de 2ª ordem, e quais as consequências dessas análises estruturais; (2) derivar as formulações elementar e consistente das matrizes de rigidez para treliças, vigas e pórticos usando o Teorema do Trabalho Virtual; (3) Analisar o equilíbrio de 2ª ordem não-linear (NL) elástico e o correspondente comportamento de treliças e pórticos bidimensionais e tridimensionais, à mão (para estruturas simples) e usando software Robot Millennium, MATLAB e SAP (entre outros); (4) Modelar o comportamento NL de 2ª ordem de pórticos planos metálicos translacionais de acordo com Eurocódigo 3; (5) Modelar o comportamento NL geométrico de 2ª ordem de associações simples de barras de betão armado (BA) e de pórticos de BA de acordo com Eurocódigo 2; (6) Ler melhor, interpretar e compreender a literatura técnica moderna.

De facto, na já realizada planificação geral detalhada semana-a-semana desta UC: 6 semanas correspondem ao objetivos (1º) e (2º) acima indicados; 2 semanas correspondem ao objetivo (3º); 3 semanas correspondem ao (4º) e outras 3 semanas ao (5º). O 6º objective é uma obvia mais valia coletiva da UC, que constituirá uma forte valência formativa para todo o ciclo de estudo.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

By the end of this course the students will be able to: (1) Understand the differences between 1st order and 2nd order equilibrium and the corresponding analysis of structures, and their consequences; (2) Derive the elemental and consistent stiffness matrices for trusses, beams and frames using Virtual Work (VW); (3) Analyze the 2nd order nonlinear (NL) elastic equilibrium and behavior of two and three dimensional trusses and frames by hand (for simple structures) and using software Robot Millennium, MATLAB and SAP (among others); (4) Model the 2nd order NL plane behavior of metallic translational frames according to Eurocode 3; (5) Model 2nd order geometric behavior of simple assemblages of R/C members and R/C frames according to Eurocode 2; (6) Better read, interpret and understand modern technical literature.

In fact, in the already studied and detailed overall planning week-by-week of this curricular unit (UC): six weeks correspond to objectives (1) and (2) above; 2 weeks correspond to the objective (3); 3 weeks correspond to objective (4) and other three weeks to objective (5). The 6th objective is a collective asset of this curricular unit (UC), which will be a strong formative unit for the entire course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conteúdos programáticos, organizados em capítulos com os títulos acima indicados e seus conteúdos adicionais, são expostos aos estudantes através de método interativo de projeção em tela complementado com escrita em quadro mural. Com a bibliografia com os apontamentos e notas-de-aula, os estudantes poderão melhorar aprendizagem e contribuir para a tornar mais interativa se realizarem uma leitura prévia pessoal das referencias previamente facultadas e de calendarização minimamente coerente da sua utilização ao longo da UC. Em cada semana no fim de cada tema exposto, a matéria é consolidada com exemplo numérico. Será distribuído aos estudantes um conjunto de trabalhos de casa (cerca de 6 nas 14 semanas), que deverão ser encarados como fichas técnicas temporalmente calibradas para permitir uma aprendizagem e avaliação individual contínuas; a sua boa execução, nas 2 semanas seguintes, corresponderá a 30% da nota final. Ao exame final escrito corresponderão os restantes 70% da nota final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The contents, organized into chapters with titles listed above and additional detailed contents, are taught to students through an interactive projection method on screen complemented with writing on classic classroom board. With the bibliography with handouts and class--notes, students can enhance their learning and help to make it more interactive if they realize a personal prior reading of previously provided references with coherent timing of its use throughout the course semester. Each week at the end of each exposed subject, the contents is consolidated with a numerical example. It will be distributed to students a set of homework (about 6 in the 14 weeks), which should be regarded as timely calibrated technical sheets for improving individual learning and continuous assessment; its good execution and timely turnover in the two subsequent weeks, correspond to 30% of the final grade. The final exam will account for the remaining 70% of the final grade.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Exposição dos temas propostos, sem separação aulas teóricas/práticas pois é apenas "conhecimento", sempre com uma aplicação específica; e, posteriormente, uma ficha técnica de trabalho de casa para os estudantes para consolidar continuamente e majorar os valores acrescentados na UC.

E pensa-se muito claramente que esta metodologia inteligente, mas exigente, dá sempre resultados positivos. Não permite o oportunismo, nem o comportamento de dependências e subserviências, e traduz o verdadeiro conceito de educação contínua ou continuada. É o único método que eu tenho aceiteado e que reconheço como produtivo, uma vez que envolve todos os agentes de transferência de conhecimento numa maneira emocionante e motivadora. Por isso, os estudantes chegam preparados ao período de exames, que geralmente é curto e eficiente, uma vez que apresenta apenas uma época de exames finais.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Exposure of proposed subjects, without separation theoretical/practical classes because it is solely "knowledge", with always a specific application; and thereafter a homework technical sheet for the students to continuously consolidate and excel the course added values.

It is clearly thought that this clever but demanding methodology always gives positive results. Does not allow opportunism, lame-duck behavior, and translates the full concept of continuous education. It is the one and only method I accept and recognize as productive, since it involves all the agents of knowledge transfer in an exciting and motivating way. By it, the students arrive prepared to the exam period, which is usually short and efficient since it only accounts for one round of final exams.

3.3.9. Bibliografia principal:

RA Alvarez, RA Bastillo, FA Martítegui, JRA Reales – Estructuras de Acero, Calculo: Norma Basica y Eurocodigo, Bellisco Ediciones, Madrid 1999

RC Barros - Instabilidade de Estruturas, Apontamentos p/ UC-PRODEC Instabilidade de Estruturas. DEC-FEUP, aprox. 270 pags, 1997/98 até 2006/07

RC Barros - Formulações Exacta e Aproximada da Não-Linearidade Geométrica de Pórticos Planos, Apontamentos p/ UC "Concepção Dimensionamento Edifícios Altos", DEC-FEUP, 1-3-2003

RC Barros - A Não-Linearidade Geométrica na Análise de Estruturas Elásticas, Apontamentos p/ UC Teoria de

Estruturas 2, 50 págs, DEC-FEUP, 19/3-25/4/2006

AW Beely and RS Narayanan – Designers' Handbook to Eurocode 2, Part 1.1: Design of Concrete Structures, Thomas Telford, London, 1995

WF Chen, EM Lui – Stability Design of Steel Frames, CRC Press 1991

A Reis, D Camotim – Estabilidade Estrutural, McGraw-Hill, Lisbon 2001

SP Timoshenko, JM Gere - Theory of Elastic Stability, McGraw-Hill 1970

Mapa IV - Engenharia Sísmica e Engenharia do Vento / Seismic and Wind Engineering

3.3.1. Unidade curricular:

Engenharia Sísmica e Engenharia do Vento / Seismic and Wind Engineering

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Humberto Salazar Amorim Varum - 16h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Elsa Sá Caetano - 20h TP

Xavier das Neves Romão - 20h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

- *Caracterizar a ação sísmica e a ação do vento e seus efeitos sobre as construções, com particular ênfase nos edifícios.*

- *Desenvolver metodologias para a caracterização da resposta à ação sísmica e ao vento de edifícios e estruturas especiais.*

- *Aplicar regulamentação atual para o dimensionamento sísmico, nomeadamente o Eurocódigo 8, para dimensionar estruturas de edifícios de em betão armado ou em aço para a resistência aos sismos.*

- *Aplicar regulamentação atual, nomeadamente o Eurocódigo 1, para o dimensionamento de edifícios e estruturas especiais tendo em conta os efeitos aerodinâmicos e aeroelásticos do vento, no caso de estruturas esbeltas.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

- *Characterise the main features of earthquake and wind actions and their effects on constructions, particularly buildings.*

- *Develop methodologies for the evaluation of the response to earthquakes and wind of buildings and special structures.*

- *Apply current earthquake design standards, such as the Eurocode 8, to perform the seismic design of reinforced concrete and steel building structures.*

- *Apply current earthquake design standards, such as the Eurocode 1, for the wind design of buildings and special structures considering the aerodynamic and aeroelastic effects of wind in slender structures.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Considerações gerais sobre atividade sísmica. Caracterização dos efeitos dos sismos sobre as construções, em particular edifícios*

- *Princípios básicos de conceção estrutural de edifícios para a resistência aos sismos*

- *Princípios básicos de dimensionamento sísmico de estruturas de edifícios. Exigências de desempenho sísmico e estados limite*

- *Métodos de análise sísmica de edifícios e a sua integração com a regulamentação*

- *Regras específicas de dimensionamento sísmico de estruturas de edifícios de betão armado e de aço pelo Eurocódigo 8*

- *Caracterização do vento atmosférico na camada limite*

- *Caracterização dos efeitos do vento em estruturas: efeitos aerodinâmicos e efeitos aeroelásticos do vento em estruturas esbeltas*

- *Metodologias para a caracterização da resposta de edifícios e estruturas especiais à ação do vento*

- *Aplicação da regulamentação no dimensionamento ao vento de estruturas de edifícios.*

3.3.5. Syllabus:

- *General features of earthquake activity. The effects of earthquakes on constructions, particularly on buildings*

- *Conceptual design of buildings for earthquake resistance*

- *Basic principles for the seismic design of building. Seismic performance requirements and limit states*

- *Seismic analysis methods for buildings and their integration with design standards*

- *Specific rules for the seismic design of reinforced concrete and steel building structures according to Eurocode 8*

- *Characterisation of the atmospheric wind*

- *Characterisation of the effects of the wind on structures: aerodynamic and aeroelastic effects of wind on slender structures*

- *Methodologies for the characterisation of the response of buildings and special structures to the action of wind*

- *Application of codes in the wind design of buildings*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos de engenharia sísmica e de engenharia do vento formam uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em diversos aspetos basilares para o dimensionamento sísmico e ao vento de edifícios.

Com base na compreensão da génese geológica dos sismos e dos seus efeitos sobre as construções, abordam-se sucessivamente os diversos aspetos fundamentais da conceção estrutural para a resistência sísmica, da análise estrutural e do seu contexto regulamentar, e do dimensionamento sísmico de edifícios. Assim, os estudantes irão adquirir um conhecimento aprofundado acerca das bases metodológicas que justificam as propostas regulamentares utilizadas neste domínio, garantindo-lhes uma competência técnica adequada para realizar o dimensionamento sísmico de edifícios correntes.

Em relação à ação do vento, a formação incide na explicitação dos mecanismos de escoamento do ar em torno de obstáculos, os edifícios e estruturas especiais, na identificação de fenómenos típicos de instabilidade em estruturas esbeltas, na utilização de conceitos e métodos da análise estrutural para avaliação dos efeitos estruturais do vento, e no seu tratamento no projeto de edifícios através de regulamentação consagrada.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The earthquake and wind engineering syllabus provides a structured response to the objectives of the course. Namely, it delivers information and training on several basic aspects of the seismic design of buildings. After understanding of the geological origin of earthquakes and their effects on buildings, the syllabus successively covers different key aspects of conceptual seismic design, structural analysis and standards, and the seismic design and detailing of building components. Students will therefore acquire a thorough knowledge on the methodological bases that govern current standards in this field, and will have adequate technical skills to carry out the seismic design of ordinary buildings.

Regarding the wind action, the syllabus covers the explicitation of the flow mechanisms around obstacles, in this case buildings and special structures, identifying instability phenomena of slender structures, and introducing methodologies for the assessment of wind effects making use of structural analysis methods making full use of consecrated standards for the wind design of buildings in particular.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de ensino:

- A apresentação e discussão de toda a matéria são efetuadas nas aulas com cariz teórico-prático, com a explicação da teoria e dos modelos e a resolução de problemas práticos. Os trabalhos práticos propostos são discutidos e as dúvidas esclarecidas nas aulas.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (25%); Exame (75%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Teaching methodologies:

- All the subjects of the course subjects are presented and discussed during theoretical-practical classes, where theories and models are explained and practical problems are detailed and solved. The practical assignment solved by the students is presented and discussed during those classes.

Evaluation methods:

- Practical assignments (25%); Exam (75%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com desenvolvimento de um trabalho de aplicação e um exame final garante a apresentação dos conhecimentos num contexto mais clássico e o incentivo à sua aplicação prática, tendo em vista a consolidação de conceitos e a transferência de conhecimentos para a prática de projeto.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical-practical model involving one practical assignment contributes to the presentation of knowledge in a classic context and encourages its practical application, consolidating concepts and ensuring an adequate knowledge transfer into the design practice

3.3.9. Bibliografia principal:

Elnashai, A.S., Di Sarno, L. (2008). Fundamentals of earthquake engineering. Wiley.

Fardis, M.N. (2009). Seismic design, assessment and retrofitting of concrete buildings: based on EN-Eurocode 8. Springer.

Elghazouli, A. (Ed.). (2009). Seismic design of buildings to Eurocode 8. CRC Press.

Avramidis, I., Athanatopoulou, A., Sextos, A., Giaralis, A. (2015). Eurocode-compliant Seismic Analysis and Design of R/C Buildings. Springer.

Simiu, E., & Scanlan, R. H. (1996). Wind effects on structures. Wiley.

Holmes, J. D. (2015). Wind loading of structures. CRC Press.

EN1998-1 (2004). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Comité Européen de Normalisation.

EN1991-1-4 (2005). Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions. Comité Européen de Normalisation.

3.3.1. Unidade curricular:*Estruturas Pré-Esforçadas / Prestressed Structures***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***António Abel Ribeiro Henriques - 28h TP***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Mário Jorge de Seixas Pimentel - 28h TP***3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Descrever os principais conceitos relacionados com a análise e dimensionamento de estruturas com comportamento que se afasta dos modelos de peça linear. Relacionar os modelos de comportamento de elementos de betão à tração e à compressão com as metodologias específicas de dimensionamento. Identificar diferentes técnicas de pré-esforço em estruturas de betão e respetivas metodologias de análise e dimensionamento. Calcular e desenvolver soluções estruturais com base nos métodos abordados apoiando-se na regulamentação de estruturas, nacional e europeia. Apresentar peças desenhadas que ilustrem as soluções obtidas. Aquisição de um conjunto de competências para a elaboração do projeto de estruturas, que estão relacionadas com a análise e dimensionamento de elementos laminares de betão, elementos submetidos a forças concentradas elevadas, estruturas pré-esforçadas e respetivo faseamento construtivo e de aspetos específicos relacionados com as lajes, designadamente, as lajes fungiformes.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

To describe the main concepts related to the analysis and design of structures which behaviour is not adequately described by the Bernoulli principles. To relate models that describe the uniaxial behavior of concrete elements subjected to tension or compression with specific design methodologies. To identify different techniques for applying prestress on concrete structures and the respective methods of analysis and design. Calculate and develop solutions based on learned structural methods, applying the European structural codes. To draw structural solutions that illustrate the obtained design. Acquisition of a set of skills to elaborate a structural project, related to the analysis and design of laminar concrete structures subjected to high local forces, prestressed structures and the respective construction phases, and specific issues related to slabs, namely, flat slabs.

3.3.5. Conteúdos programáticos:*Cap. 1 - Estruturas pré-esforçadas de betão*

Propriedades mecânicas do betão. Betão à compressão e à tração. Efeitos diferidos. Tecnologia do pré-esforço. Ações equivalentes. Dimensionamento de seções. Dimensionamento de vigas isostáticas. Cálculo das perdas de pré-esforço. Estruturas hiperestáticas. Faseamento construtivo.

Cap. 2 - Modelos de comportamento e de dimensionamento do betão estrutural

Modelos de comportamento de elementos estruturais à tração e à compressão. Compressão localizada. Betão confinado. Zonas de ancoragem de pré-esforço. Elementos de parede, de laje e de casca. Ensaios de laboratório.

Cap. 3 - Dimensionamento de Regiões descontínuas

Modelos de escoras e tirantes. Análise e geometria do modelo. Dimensionamento dos nós. Consolas curtas. Vigas parede.

Cap. 4 - Análise e dimensionamento de lajes

Tipos de lajes. Métodos de cálculo de esforços. Dimensionamento à flexão e ao punçoamento. Lajes pré-esforçadas com cabos não aderentes. Disposições construtivas.

3.3.5. Syllabus:*Chapter 1 - Prestressed concrete structures*

Mechanical properties of concrete. Concrete under compression and tension. Time dependent effects. Prestress technology. Equivalent loads. Design of cross sections. Design of isostatic beams. Evaluation of prestress losses. Hyperstatic structures. Construction phasing.

Chapter 2 - Models for the analysis of behaviour and design of concrete structures

Models for the analysis of behaviour of structural members under tension and compression. Localized compression. Confined concrete. Anchorage zones of prestress. Walls, slabs and shells. Laboratory experimental tests.

Chapter 3 - Design of regions with discontinuities

Strut and tie models: analysis and geometry. Design and verification of the model nodes. Corbels. Deep beams.

Chapter 4 - Analysis and design of slabs

Types of slabs. Methods for evaluating the internal forces. Flexural design and punching. Slabs prestressed with unbounded tendons. Constructive provisions and detailing.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A formação que se transmite no âmbito do mestrado de estruturas de engenharia civil incide nos domínios da conceção estrutural, dos métodos da análise estrutural e sua aplicação aos problemas de engenharia civil, dos correntes aos especiais, e das técnicas inerentes à sua construção, apoiando-se na regulamentação de estruturas, nacional e europeia, na utilização de meios informáticos e em visitas a obras. A presente unidade curricular, Estruturas Pré-Esforçadas, permite completar a formação relacionada com a análise e dimensionamento do betão estrutural, que se iniciou com as unidades curriculares da área das Estruturas de Betão, e que incidirá no estudo de estruturas não abordadas anteriormente com a devida profundidade, nomeadamente, as estruturas laminares de betão (paredes e lajes) e as estruturas pré-esforçadas de betão.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The learning outcomes within the scientific area of Structures is focused on the structural conception, methods for structural analyses and their application to civil engineering problems, from current to special ones, and on the techniques related to their construction, applying European structural codes, computational programs and visits to civil engineering works. This course, Prestressed Structures, completes the training in the analysis and design of structural concrete, which started on the courses of Structural Concrete, and will focus on the study of types of structures not covered previously with necessary in-depth, namely, laminar concrete structures (walls and slabs) and prestressed concrete structures.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria são efetuadas nas aulas com cariz teórico-prático, com a explicação da teoria e dos modelos e a resolução de problemas práticos. Os trabalhos práticos propostos são discutidos e as dúvidas esclarecidas nas aulas. Trabalhos de laboratório, visitas a obras e conferências completam a aprendizagem.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (25%); Exame (75%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the subjects of the course are presented during theoretical classes, where the theories and models are introduced, together with the resolution of some representative practical exercises. The practical exercises to be solved by the students are discussed during practical classes. Laboratory work, visits to conferences and construction works complete the learning outcomes.

Evaluation methods:

- Coursework (25%); Exam (75%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Calcular e desenvolver soluções estruturais com base nos métodos abordados apoiando-se na regulamentação de estruturas, nacional e europeia. Apresentar peças desenhadas que ilustrem as soluções obtidas. Discutir e comparar diferentes soluções estruturais e hierarquizá-las de forma a analisar as mais adequadas. Discutir as propostas regulamentares com base nos conhecimentos adquiridos na interpretação dos modelos de comportamento estrutural. Recomendar e formular alternativas às propostas que são correntemente utilizadas de modo a formular soluções mais realistas. Recomendar novas propostas que ultrapassem insuficiências dos procedimentos adotados. Prever soluções alternativas a serem utilizadas no futuro. Aquisição de um conjunto de competências para a elaboração do projeto de estruturas, que estão relacionadas com a análise e dimensionamento de elementos laminares de betão, elementos submetidos a forças concentradas elevadas, estruturas pré-esforçadas e respetivo faseamento construtivo e de aspetos específicos relacionados com as lajes, designadamente, as lajes fungiformes.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Calculate and develop solutions based on learned structural methods, applying the European structural codes. To draw structural solutions that illustrate the obtained design. Discuss and compare different structural solutions and hierarchical them in order to analyze the most appropriate. Discuss the structural code proposals based on the knowledge acquired in the interpretation of models that describe the structural behaviour. To recommend and formulate alternatives to proposals that are currently used, in order to formulate realistic solutions. Recommend new proposals to overcome shortcomings in the adopted procedures. Consider alternative solutions to be used in the future. Acquisition of a set of skills to elaborate a structural project, which are related to the analysis and design of laminar concrete structures subjected to high local forces, prestressed structures and the respective construction phases and specific issues related to slabs, namely, flat slabs.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Fédération Internationale du Béton (1999). Structural concrete: Textbook of behaviour, design and performance. Lausanne.*
- Collins, M. P., & Mitchell, D. (1997). Prestressed concrete structures (p. 766). Toronto: Response Publications.*
- Standardization European Committee (2004). Eurocode 2 EN 1991-1-1 Design of concrete structures Part 1-1 General rules and rules for buildings. Brussels: CEN.*
- Fédération Internationale du Béton (2013). fib Model Code for Concrete Structures 2010. Ernst & Sohn.*
- Joaquim A. Figueiras; Compilation of texts and note for classes.*

Mapa IV - Estruturas de Alvenaria e Madeira / Masonry and Timber Structures**3.3.1. Unidade curricular:**

Estruturas de Alvenaria e Madeira / Masonry and Timber Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

António José Coelho Dias Arêde - 18h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Afonso António de Serra Neves - 16h TP
 João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes - 16h TP
 Arlindo Jorge Sá de Begonha - 6h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Conhecer os princípios de funcionamento de estruturas de alvenaria resistente, com particular ênfase nas de pedra enquanto material mais presente na construção antiga.
Compreender o comportamento mecânico do material, de elementos estruturais e construções de alvenaria resistente, visando saber quantificar capacidades resistentes.
Conhecer regulamentação e recomendações técnicas aplicáveis.
Aprender e saber aplicar métodos simplificados de análise estrutural e de verificação de segurança de estruturas de alvenaria, face às ações correntes mais relevantes e à sísmica.
Conhecer métodos de análise mais elaborados aplicáveis a estruturas de maior complexidade.
Compreender o comportamento mecânico da madeira como material estrutural, enquadrado em diferentes tipos de soluções construtivas, novas ou existentes.
Conhecer regulamentação técnica sobre estruturas de madeira.
Aprender e aplicar métodos de análise e critérios de segurança, para estruturas em madeira.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

Get to know the working principles of sturdy masonry structures, with particular emphasis on stone elements as the most common material used in old constructions.
Understand the mechanical behaviour of the material, structural members and sturdy masonry constructions with the aim to quantify resistance capacities.
Get to know applicable technical regulations and recommendations.
Learn and know how to apply simplified methods of structural analysis and safety check of masonry structures in view of the most relevant common actions and earthquake action.
Get to know more elaborate analysis methods applicable to higher-complexity structures.
Understand the mechanical behaviour of timber as a structural material, in the context of different types of new or existing construction solutions.
Get to know technical regulations regarding timber structures.
Learn and apply methods of analysis and safety criteria for timber structures.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Alvenaria resistente
1.1. Sistemas estruturais
Tipologias construtivas: materiais e elementos estruturais.
1.2. Características físicas e mecânicas dos materiais
Blocos e argamassas. Processos de avaliação. Normas.
1.3. Comportamento mecânico dos materiais e elementos estruturais
Mecanismos resistentes. Ações externas e esforços induzidos. Caracterização experimental.
1.4. Comportamento estrutural global de construções em alvenaria
Edifícios correntes, monumentais e pontes em alvenaria.
1.5. Análise e verificação de segurança de estruturas de alvenaria
Métodos simples de aplicação corrente. Ação sísmica. EC 6 e EC8.
2. Madeira estrutural
2.1. Construções em madeira
Madeira: elemento estrutural. Tipologias construtivas. Estruturas especiais.
2.2. Normalização na madeira e derivados
EC5 e outras normas.
2.3. Soluções estruturais de madeira
Construções novas. Estruturas existentes.
2.4. Análise e verificação de segurança estrutural
Dimensionamento e projeto, novo e reforço.

3.3.5. Syllabus:

1. Sturdy masonry
1.1. Structural systems
Building typologies: materials and structural members.
1.2. Physical and mechanical characteristics of materials
Blocks and mortars. Assessment procedures. Standards.
1.3. Mechanical behaviour of materials and structural members
Sturdy mechanisms. External actions and induced forces. Experimental characterisation.
1.4. Global structural behaviour of masonry constructions
Common buildings, monuments and bridges in masonry.
1.5. Safety analysis and check of masonry structures
Simple methods of general use. Earthquake action. EC 6 and EC8.
2. Structural timber
2.1. Timber constructions
Timber: structural element. Building typologies. Special Structures.
2.2. Standardisation of timber and timber products
EC5 and other standards.

2.3. Timber structural solutions

New constructions. Existing structures.

2.4. Structural safety analysis and check

Design and project, new and strengthening.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos organizam-se em estreito alinhamento com os objetivos da unidade curricular, focando-se na informação e a formação relativa aos principais assuntos de relevo sobre comportamento, análise, verificação de segurança estrutural e dimensionamento de construções com estruturas portantes em alvenaria e madeira. Tratando-se de dois materiais que se apresentam em conjunto em muitas construções existentes, é natural a sua abordagem na mesma unidade curricular e numa sequência lógica de apresentação, em que a alvenaria estrutural é focada em primeiro lugar enquanto elemento de suporte muito corrente de estruturas de madeira.

Procura-se assim que estes conteúdos proporcionem aos estudantes conhecimentos mais aprofundados sobre as tipologias construtivas de alvenaria estrutural, focando com maior detalhe as estruturas que são materializadas em pedra por serem das mais antigas e muito abundantes nas construções tradicionais e/ou monumentais. A estreita ligação das tipologias construtivas com o tipo de material e, naturalmente, com as suas características físicas e mecânicas, justifica a importância do seu estudo, como base para a compreensão do comportamento mecânico dos materiais, dos elementos estruturais e das estruturas de alvenaria como um todo, seguindo um racional de hierarquização material e estrutural. A concretização deste objetivo é fundamental para que os estudantes possam apreender os aspetos essenciais de métodos simples que possam ser aplicados com confiança e de forma eficaz na prática corrente de verificação de segurança de estruturas de alvenaria existentes, ou mesmo de construções novas em que se adote este material. Além disso, pese embora a escassez de documentos normativos estabilizados, uma formação adequada no domínio de estruturas de alvenaria requer algum enquadramento normativo, ainda que sob a forma de recomendações, que deverá fazer apelo a regulamentos existentes em diversos países e, naturalmente, à regulamentação europeia (eurocódigos) que fornecem meios, informações e métodos que dão algum suporte a opções de análise estrutural, verificação de segurança e dimensionamento.

No âmbito das estruturas de madeira, segue-se um racional semelhante, com a particularidade de serem potencialmente mais utilizadas no campo das construções novas, seja de tipo corrente, seja de construções especiais (ex. estruturas de grande vão, pontes pedonais, etc.).

Aos estudantes são assim providenciados conhecimentos e competências técnicas adequadas, para lhes permitir atuar sustentadamente no domínio das estruturas de alvenaria e de madeira, em conjunto ou isoladamente.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus is closely in line with the objectives of the curricular unit, focusing on the information and training regarding the main relevant topics on structural behaviour, analysis and safety check, as well as design of constructions with masonry and timber bearing structures. Since these two materials appear frequently together in many existing constructions, it is only natural to approach them in the same curricular unit following a logical sequence of presentation, with structural masonry being first approached as a very common bearing element for timber structures. It is therefore intended that these contents provide students with broader knowledge about structural masonry building typologies, focusing with greater detail on structures made of stone because these are older and very abundant in traditional and/or monumental constructions. The close relation there is between building typologies, the type of material and, naturally, their physical and mechanical characteristics, justifies the importance of studying them in order to understand the mechanical behaviour of materials, structural members and masonry structures as a whole, following a material and structural hierarchical reasoning. It is essential to fulfil this objective in order for students to be able to learn the fundamental aspects of simple methods that can be confidently and effectively applied in the common practice of safety check of existing masonry structures, or even in new constructions where this material is used. In addition, despite the lack of stable normative documents, an adequate training in the field of masonry structures requires some normative framework, even if it is in the form of recommendations. That framework must make reference to existing regulations in different countries and, obviously, to European regulations (Eurocodes) that provide the means, information and methods that, to some extent, support to the options made in terms of structural analysis, safety check and design.

In the field of timber structures, a similar reasoning is adopted, with the particularity that these are likely to be more frequently used in new constructions, either common or special constructions (ex. large span structures, pedestrian bridges, etc.).

Students are therefore provided with adequate technical knowledge and skills that allow them to steadily work in the field of masonry and timber structures, jointly or separately.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria são realizadas nas aulas, todas com cariz teórico-prático, em que, para além da exposição dos conceitos e dos mais diversificados aspetos descritivos sobre construções de alvenaria e/ou de madeira, se procede à explicação da teoria e de modelos de análise, verificação de segurança e dimensionamento. Estas exposições são apoiadas em exemplificações práticas, o mais realistas possível, de pequenos problemas que são abordados e resolvidos no decurso das aulas.

Além disso, serão propostos trabalhos práticos para resolução autónoma pelos estudantes fora do tempo letivo, que são discutidos nas aulas para esclarecimento de dúvidas.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (60%);
- Exame (40%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the topics are presented and discussed in classes, all of which are theoretical/practical classes. Apart from the presentation of concepts and the various descriptive aspects regarding masonry and/or timber constructions, there is an explanation of the theory and models for analysis, safety check and design. These presentations are supported on practical examples of small problems, as realistic as possible, that are approached and solved during classes. Apart from this, practical assignments will be proposed for students to solve autonomously outside class time, which will later be discussed in class for clarifications of any doubts.

Evaluation methods:

- *Practical assignments (60%);*
- *Examination (40%).*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático, com uma forte componente exemplificativa baseada em casos reais que são muito abundantes nos domínios das estruturas de alvenaria e de madeira, favorece a apresentação das matérias cativando a atenção do estudante para assuntos cuja compreensão é da maior, inclusive no atual contexto do paradigma da reabilitação onde este tipo de estruturas é recorrente e ainda tão deficientemente dominado.

A realização de trabalhos práticos que servem para a avaliação, complementada com a sua apresentação e discussão nas aulas, contribui para uma mais eficaz transmissão de conhecimentos, incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica. Esta opção assume acrescida importância pelo facto de se abordar estruturas realizadas com materiais de comportamento tão distinto, envolvendo algumas metodologias de abordagem específicas que requerem treino num contexto o mais prático e real possível. Em particular, o estudo de casos práticos de construções com elementos portantes de alvenaria que englobem também componentes de madeira, constitui um atrativo por constituírem uma realidade incontornável no contexto de construções tradicionais correntes e/ou de elevado valor patrimonial (ex. monumentos).

Esta estratégia confere ao estudante competências e segurança profissional na análise, dimensionamento e verificação de estabilidade deste tipo de estruturas, tradicionalmente menos abordadas nos planos curriculares de banda larga de engenharia civil, potenciando não só a promoção da sua reabilitação como também do seu uso em novas edificações.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical-practical model, with a strong component of real practical examples which are very abundant in the fields of masonry and timber structures, favours the presentation of contents and gets students' attention for topics that are of the greatest importance to understand. This is especially true in the current context of the rehabilitation paradigm where these type of structures are very common and yet insufficiently mastered.

The fact that students carry out graded practical assignments, complemented with their presentation and discussion in class, ensures that knowledge is more efficiently transmitted and that students remain engaged to further explore, extend and critically analyse such knowledge. This takes on added importance for the fact that these structures are made of materials that have such different behaviour, involving some specific approach methodologies which require training in a context as practical and real as possible. In particular, the analysis of case studies regarding constructions with masonry bearing members that also include timber elements are very attractive because they are an unavoidable reality in the context of common traditional constructions and/or of constructions with high heritage value (e.g. monuments).

This strategy provides students with professional skills and assurance in the analysis, design and check of the stability of this type of structures, traditionally less approached in the civil engineering broadband curricular plans, fostering not only their rehabilitation but also their use in new constructions.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *CEN (2005). EN 1996-1-1 Eurocode 6: Design of Masonry Structures - Part 1-1. CEN, Brussels.*
- *Pantazopoulou, S. J. (2013). Report for the analysis methods for unreinforced masonry heritage structures and monuments. <http://ecpfe.oasp.gr/en>*
- *Giuffrè, A. (1993). Safety and conservation of historical centers. Editori Laterza: Bari.*
- *Heyman, J. (1997). The stone skeleton: structural engineering of masonry architecture. Cambridge Univ. Press.*
- *CEN (2004). EN 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1. CEN, Brussels.*
- *Newman, M. (1995). Design and construction of wood-framed buildings. McGraw-Hill Professional.*
- *Harris, R. (2007). Manual for the design of timber building structures to Eurocode 5. The Institution of Structural Engineers.*
- *Arriaga, F. (2002). Intervención en estructuras de madera. Aitim.*
- *Kermani, A. (1999). Structural timber design. Blackwell Science Ltd.*
- *Negrão, J., & Faria, A. (2009). Projecto de estruturas de madeira. Publindústria.*

Mapa IV - Estruturas de Suporte de Terras / Earth Retaining Structures

3.3.1. Unidade curricular:

Estruturas de Suporte de Terras / Earth Retaining Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Manuel António de Matos Fernandes - 28h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Rui Artur Bártolo Calçada 28h - TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Conhecimento: Descrever o comportamento das estruturas de suporte de terras flexíveis. Compreensão: Identificar os métodos de análise e dimensionamento e selecionar as soluções construtivas mais adequadas. Aplicação: Desenvolver soluções estruturais para diferentes cenários. Análise: Comparar soluções estruturais atendendo aos condicionamentos de projeto. Síntese: Propor soluções alternativas com base em critérios de qualidade e sustentabilidade. Avaliação: Criticar soluções e recomendar novas propostas com vantagens face a elas. PROJETO EM ENGENHARIA Elaboração de projetos envolvendo a escolha das soluções, incluindo o faseamento construtivo e o plano de observação. INVESTIGAÇÃO EM ENGENHARIA Aplicação de métodos avançados de análise, discussão da sua aplicação face aos atuais regulamentos e confrontação com os resultados de métodos clássicos. PRÁTICA EM ENGENHARIA Aprendizagem da organização dos processos relacionados com o projeto de estruturas de suporte de terras flexíveis.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

To describe the behaviour of flexible earth retaining structures. Comprehension: To identify the methods of analysis and design and to select the adequate constructive solutions. Application: To develop structural solutions for different scenarios. Analysis: To compare different structural solutions, taking into account the site constraints. Synthesis: To formulate solutions on the basis of quality and sustainability criteria. Evaluation: To criticize solutions and to recommend new advantageous proposals. CIVIL ENGINEERING PROJECT Design retaining structures, involving the choice of the solutions and technologies, including the definition of the sequence of construction and the monitoring plan. RESEARCH IN CIVIL ENGINEERING Application of advanced methods of analysis and confrontation of the results with the ones from classic methods. CIVIL ENGINEERING PRACTICE To learn the elaboration and the organization of the project of flexible earth retaining structures.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Conceito de estrutura de suporte de terras flexível. Interação solo-estrutura. Efeito de arco em solos. Exemplos de estruturas de suporte de terras. 2. Cortinas autoportantes (cantilever). 3. Cortinas dotadas de um apoio estrutural junto do topo. 4. Cortinas associadas a vários níveis de escoras. 5. Cortinas associadas a vários níveis de ancoragens pré-esforçadas. 6. Soluções construtivas. Cortinas de estacas-pranchas, de estacas, de paredes moldadas, "tipo Berlim" e poços de grande diâmetro com escavação sequencial. Soluções com tratamento do solo (jet-grouting, cutter-soil-mixing, etc.). 7. Instabilidade do fundo de origem hidráulica. Instabilidade do fundo em escavações em solos argilosos moles. 8. Estabilidade de cortinas ancoradas sob ações verticais. Estabilidade global. 9. Ancoragens pré-esforçadas. 10. Escavações pregadas. 11. Observação de escavações. 12. Movimentos associados a escavações e métodos para o seu controlo.

3.3.5. Syllabus:

Concept of flexible earth retaining structure. Soil-structure interaction. Soil-arch effect. Examples of earth retaining structures. 2. Cantilever retaining walls. 3. Single propped retaining walls. 4. Multi-propped retaining walls. 5. Multi-anchored retaining walls. 6. Constructive solutions. Sheet pile walls, concrete piled walls, Berlin-type walls and large-diameter elliptical shafts built by the sequential excavation-concreting method. Solutions with soil treatment (jet-grouting, cutter-soil-mixing, etc). 7. Hydraulic Instability. Bearing capacity (heave) analysis in soft soils. 8. Vertical stability of anchored walls. Global stability analysis. 9. Ground anchors. 10. Nailed excavations. 11. Monitoring of excavations. 12. Movements induced by excavations and their control.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos aspetos relevantes no âmbito das Estruturas de Suporte de Terras usadas nas grandes escavações urbanas, nomeadamente os referentes à conceção das soluções, aos métodos construtivos e ao dimensionamento. Ficam, assim, os estudantes dotados de conhecimentos profundos e competências técnicas, que lhes permitirão intervir de forma fundamentada e sustentável neste domínio.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus covers the topics necessary to reach the objectives of the course, since it includes information and training on the relevant aspects concerning retaining structures used to support deep excavations, including those related to conception of the solutions, the construction and design methods. In the final of the course students acquire a sound knowledge and technical skills that will allow them to act with a strong background in this field.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de carácter teórico-prático com exposição das teorias e métodos com referência frequente a casos de obra. Em complemento são propostos trabalhos práticos de dimensionamento de alguns tipos de estruturas de suporte para serem desenvolvidos fora do horário letivo. Visitas a obras. A classificação final é baseada nas notas do exame e dos trabalhos práticos.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical classes with exposition of the theories and methods of analysis and design of flexible earth retaining structures, with frequent reference to construction works. Some practical works are proposed concerning the design of some types of flexible retaining structures. Visit to construction sites. Final exam focused on theoretical matters and on the conception of solutions.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com desenvolvimento de pequenos trabalhos práticos que servirão para a avaliação e sua ampla discussão, garante a transmissão dos conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica. Acresce que o leque de trabalhos práticos proposto cobre os tipos de estruturas suporte de escavações urbanas mais relevantes, permitindo ao estudante ganhar competências no que respeita à conceção das soluções, à seleção dos métodos construtivos, bem como aos métodos de análise e dimensionamento.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical-practical model, with development of small course works by the students, that will integrate the evaluation but also contribute to an extensive discussion of the different cases, ensures the transmission of knowledge and the motivation of the students, contributing with the acquired competences for the critical analysis of the student. Moreover, the range of course works, encompasses the most relevant types of retaining structures of deep excavations, allowing the student to gain skills regarding the conception of the solutions, the selection of the construction methods, as well as the methods for analysis and design.

3.3.9. Bibliografia principal:

M. Matos Fernandes; Estruturas de Suporte de Terras, FEUP, 1991.

Malcolm Puller & David Puller; Deep Excavations, Thomas Telford, 3rd edition, 2016.

M. Matos Fernandes. Deep urban excavations in Portugal: practice, design, research and perspectives. Soils & Rocks, Vol. 33, nº 3, pp. 115-142, 2010.

M. Matos Fernandes. New developments in the control and prediction of the movements induced by deep excavations in soft soils. Soils & Rocks, vol. 38, nº 3, pp. 191-215, 2015.

Mapa IV - Obras Subterrâneas / Underground Works**3.3.1. Unidade curricular:**

Obras Subterrâneas / Underground Works

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

António Milton Topa Gomes - 32h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Jorge Nuno Veiga de Almeida e Sousa - 24h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Com esta unidade curricular pretende-se que o estudante adquira um conjunto de conhecimentos e ferramentas que lhe permitam tomar decisões técnicas, devidamente fundamentadas, no contexto da conceção, dimensionamento, construção e observação de diversos tipos de obras subterrâneas, nomeadamente de túneis. No final da unidade curricular o estudante deverá ser capaz de:

- *Planear campanhas de caracterização geológico/geotécnica para a realização de um túnel e ponderar a escolha adequada de traçados;*
- *Compreender a fenomenologia de comportamento de uma obra subterrânea;*
- *Avaliar, conceber e calcular soluções de escavação e reforço de obras subterrâneas;*
- *Desenvolver modelos analíticos e numéricos para o cálculo de um túnel;*
- *Comparar soluções de escavação convencional e soluções de escavação com tuneladoras;*
- *Avaliar os riscos associados ao projeto de um túnel e implementar medidas mitigadoras.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

With this unit it is intended that the student acquires relevant expertise and tools, allowing to take technical decisions, duly justified in the context of design, construction and monitoring during construction of various types of underground works, namely tunnels. At the end of the course the student should be able to:

- *Plan geological/geotechnical characterization campaigns for a tunnel and evaluate the appropriate choice of alignments;*
- *Understand the phenomenology and behavior of an underground excavation;*
- *Assess, design and calculate excavation solutions as well as ground improvement strategies;*
- *Develop analytical and numerical models to calculate a tunnel;*
- *Compare conventional and mechanized excavation solutions;*
- *Evaluate the risks associated with a tunnel, and design and implement mitigation measures.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. O uso do espaço subterrâneo

1.1 Evolução histórica

1.2 A Situação atual

1.3 A engenharia de túneis em Portugal

2. Fenomenologia

2.1 Resposta do maciço face à escavação

- 2.2 Equilíbrio junto da frente
- 2.3 Equilíbrio final
- 3. Caracterização geológica e geotécnica
- 3.1 Reconhecimento
- 3.2 Prospeção
- 3.3. Ensaios de caracterização
- 3.4. Classificações geomecânicas
- 4. Soluções e técnicas construtivas
- 4.1 Construção mineira ou sequencial
- 4.2 O uso de tuneladoras
- 4.3 Melhoramento e reforço do maciço
- 5. Cálculo estrutural
- 5.1 Modelos de análise
- 5.2 Estabilidade da frente
- 5.3 Cargas e esforços nos suportes. Dimensionamento Estrutural.
- 5.4 Movimentos induzidos no maciço
- 5.5 O uso dos modelos numéricos
- 6. Observação e instrumentação
- 6.1 Grandezas a medir e dispositivos de observação
- 6.2 Localização dos dispositivos
- 6.3 Frequência de leitura e interpretação dos resultados
- 7. Análise de risco em túneis e interação com estruturas circundantes

3.3.5. Syllabus:

- 1. The use of underground space
- 1.1 Historical evolution
- 1.2 The current situation
- 1.3 Tunnel engineering in Portugal
- 2. Phenomenology
- 2.1 Ground behavior due to the excavation
- 2.2 Equilibrium in the vicinity of the excavation face
- 2.3 Final equilibrium
- 3. Geological and geotechnical characterization
- 3.1 Desk Studies
- 3.2 In situ evaluation
- 3.3. In situ and Lab tests
- 3.4. Geomechanical classifications
- 4. Solutions and construction techniques
- 4.1 Conventional Excavation
- 4.2 The use of TBMs
- 4.3 Grounds improvement and reinforcement for tunnels
- 5. Structural design
- 5.1 Calculation models
- 5.2 Face stability
- 5.3 Loads and forces in the support. Structural Design.
- 5.4 Ground movements
- 5.5 The use of numerical models
- 6. Observation and Instrumentation
- 6.1 Variables to control and monitoring devices
- 6.2 Location of the instruments
- 6.3 Frequency of reading and interpretation of results
- 7. Risk analysis in tunnels and Building Risk Analysis

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos aspetos relevantes no âmbito da construção de obras subterrâneas, nomeadamente os referentes à caracterização dos maciços, aos métodos construtivos e ao dimensionamento. Ficam, assim, os estudantes dotados de conhecimentos profundos e competências técnicas, que lhes permitirão intervir de forma fundamentada e sustentável neste domínio.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus covers the topics necessary to reach the objectives of the course, since it includes information and training on the various aspects relevant in the construction of underground works, including those related to the ground characterization, the construction and design methods. In the final of the course students acquire a solid knowledge and technical skills that will allow them to act with a strong background in this field.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Modelo de ensino fundamentalmente teórico-prático, procurando conciliar, de forma equilibrada, exposições teóricas dos conceitos e das teorias correspondentes às matérias a estudar, apresentação e discussão de casos práticos, e, ainda, o contacto com projectos relevantes, quer através de palestrantes convidados, quer através de visitas a obras. Os estudantes serão ainda incentivados a realizar pequenos trabalhos práticos que permitam a implementação dos

conhecimentos adquiridos num ambiente de simulação de casos.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos Práticos (25%) ; Exame (75%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Teaching model based on theoretical-practical classes, combining in a balanced way theoretical explanations of concepts and theories related to the topics with the presentation and discussion of case studies, and also contact with relevant projects, either through invited experts either through visits to construction sites.

Students will also be encouraged to make small practical course works in order to implement the knowledge acquired, simulating simplified real cases.

Evaluation methods:

- Coursework (25%) ; Exam (75%).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com desenvolvimento de pequenos projectos que servirão para a avaliação e sua ampla discussão, garante a transmissão dos conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica. Acresce que o leque de capítulos coberto garante a abordagem de todas as fases de uma obra subterrânea, permitindo ao estudante ganhar competências para todas as fases de uma obra subterrânea, adquirindo uma visão completa e integrada do projeto e execução.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical-practical model, with development of small projects by the students, that will integrate the evaluation but also contribute to an extensive discussion of different cases, ensures the transmission of knowledge and the motivation of the students, contributing with the acquired competences for the critical analysis of the student.

Moreover, the range of covered chapters, addressing all phases of an underground construction, allows the student to gain skills for all phases of an underground work, gaining a complete and integrated view of design and execution.

3.3.9. Bibliografia principal:

- U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration; Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels, 2009 (Disponível online no site da FHWA)

- Pietro Lunardi; Design and Construction of Tunnels, Springer, 2008. ISBN: 978-3-540-73874-9

- Evert Hoek; Practical rock engineering (Disponível online em https://www.rocscience.com/education/hoeks_corner)

- Slides de apresentação das aulas teóricas

- Apontamentos desenvolvidos pelos docentes da UC (2015).

Mapa IV - Projeto 2 / Project 2

3.3.1. Unidade curricular:

Projeto 2 / Project 2

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Nelson Saraiva Vila Pouca – 11,2h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Afonso António de Serra Neves – 11,2h TP

Luís Filipe Pereira Juvandes – 11,2h TP

João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes – 11,2h TP

Pedro Miguel Barbosa Alves Costa – 11,2h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

A UC de Projeto 2 tem como objetivos de aprendizagem:

- integrar os conhecimentos adquiridos noutras UCs, visando a concretização de um projeto de uma obra;

- conhecer e discutir as metodologias de projeto e seu faseamento;

- Definir os seus requisitos e condicionantes do projeto de forma a adequarem-se as soluções estruturais. Esta reflexão envolverá os critérios de dimensionamento, a sustentabilidade, a durabilidade, etc.

- Desenvolver capacidade crítica sobre a escolha dos meios de cálculo, bem como a sua aplicação nos cálculos a desenvolver no estudo de pormenor;

- Definir e especificar soluções construtivas tendo em consideração os aspetos referidos anteriormente.

- Identificar os aspetos fundamentais do projeto de detalhe dos elementos estruturais devidamente selecionados.

Os estudantes devem adquirir uma compreensão aprofundada do tópico particular que escolheram desenvolver no projeto específico que irão realizar.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The Project 2 CU has the following learning objectives:

- Integrate the knowledge acquired in other CUs with the aim of carrying out a construction work project;

- Get to know and discuss project methodologies and scheduling;

- Determine the project requirements and constraints in order to select the adequate structural solutions. This reflexion will take into account the design criteria, sustainability, durability, etc.;
 - Develop critical analysis skills regarding the choice of calculation methods, as well as their application to the calculations that have to be made in the detailed survey;
 - Envisage and specify construction solutions taking into account the above-mentioned aspects;
 - Identify the fundamental aspects of the detailed design of dully selected structural elements.
- Students must acquire expertise on the particular topic they have chosen to develop in the specific project they will carry out.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O Projeto 2 está dedicado ao desenvolvimento de projetos de estruturas novas de edifícios e de naves industriais ou de projetos de reabilitação estrutural de edifícios, antigos (estruturas em alvenarias de pedra, pavimentos de madeira, etc., ou estruturas de ferro) ou relativamente recentes (estruturas de betão armado ou de aço), incluindo, se for o caso, o reforço de fundações. Assim, o Projeto 2 visa:

- 1) conceber e discutir soluções de projeto para diferentes tipos edifícios;
- 2) desenvolver essas soluções ao nível de estudo prévio, o que implica comparar soluções alternativas e selecionar justificadamente a que é considerada melhor; essa seleção implica considerações sobre os processos de execução e sobre custos;
- 3) realizar o projeto de pormenorização e execução dos elementos estruturais mais significativos; especificar os materiais, os processos construtivos e as medidas de controlo da execução; definir os procedimentos de observação do comportamento estrutural.

3.3.5. Syllabus:

Project 2 focuses on the development of new structural projects for buildings and industrial premises or of structural rehabilitation projects for buildings, either old (stone masonry structures, wood floorings, or iron structures) or fairly recent (reinforced concrete or steel structures), including the strengthening of foundations, if applicable. Thus, Project 2 aims to:

- 1) Envisage and discuss project solutions for different types of buildings;
- 2) Develop these solutions at the level of a preliminary study, which entails comparing alternative solutions and making a justified choice of the best option. This selection involves considerations regarding the construction processes and costs;
- 3) Complete the detailing and execution project for the most significant structural elements; specify the materials, construction processes and measures to monitor implementation; set up the procedures for observation of the structural behaviour.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação adequadas tendo em vista proporcionar aos estudantes a capacidade de refletirem e tomarem decisões, técnica e cientificamente suportadas, mas atendendo aos condicionantes envolventes (custos, sustentabilidade, etc.), sobre a melhor solução estrutural (ou de reabilitação estrutural) para resolver uma determinada necessidade.

O carácter integrador da UC assume igualmente grande importância para que o estudante adquira, através de uma experiência potencialmente concretizável – o desenvolvimento de um projeto para resolução de um problema “real” –, experiência sobre a complexidade que envolve a resolução de um problema e sobre quais as metodologias disponíveis.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus is a structured response to the objectives of the curricular unit, since it includes all the information and training needed to foster students' critical thinking and decision-making skills dully supported on technical and scientific knowledge, but also taking into account all the constraints involved (costs, sustainability, etc.) regarding the best structural (or structural rehabilitation) solution to address a specific need.

The integrating nature of this CU also takes on great importance for students to gain experience, through a potentially achievable situation, on the complexity involved in problem-solving and the choice of methods available. Students gain experience by developing a project in order to solve a “real” problem.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os projetos a desenvolver no âmbito da UC serão realizados individualmente ou por grupos de 2 estudantes.

As sessões obrigatórias contemplam:

- sessões teóricas focadas em aspetos relevantes dos projetos a desenvolver;
- sessões coletivas coordenadas pelos docentes, centradas na discussão da conceção estrutural dos projetos;
- sessões de apoio dos docentes a cada grupo para o desenvolvimento do seu projeto.
- sessões especiais com projetistas convidados para apresentação e discussão de projetos relevantes da sua autoria.

Os estudantes terão que desenvolver trabalho fora da sala de aula.

Cada grupo apresenta o seu projeto proporcionando a sua discussão com os docentes e os outros estudantes.

Métodos de avaliação:

As classificações individuais são atribuídas por um júri de 3 professores tendo por base o trabalho prático de projeto desenvolvido, considerando-se as seguintes componentes:

- Conteúdo – 65%; Forma – 15%; Apresentação e discussão – 20%.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The projects developed within this CU will be carried out individually or in groups of 2 students.

Mandatory sessions include:

- *Theoretical sessions focused on relevant aspects of the projects to be developed;*
- *Collective sessions, coordinated by teachers, focused on discussing the conceptual structural design of the projects;*
- *Support sessions where teachers help each group in the development of their projects;*
- *Special sessions with guest project designers for presentation and debate of projects of their authorship;*

Students must also develop work outside class time.

Each group presents its project and discusses it with the teachers and the other students.

Evaluation methods:

Individual grades are assigned by a jury of 3 teachers based on the practical project work carried out and taking into account the following items:

- *Content – 65%; Form – 15%; Presentation and debate – 20%*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

As metodologias de ensino podem resumir-se do seguinte modo:

- *sessões de carácter expositivo teórico-prático;*
- *sessões coletivas de discussão, com a participação e orientação dos docentes;*
- *sessões tutoriais de grupo em ambiente de sala de aula para acompanhamento do desenvolvimento dos trabalhos; o facto de estas sessões decorrerem em sala de aula propicia a troca de impressões entre os grupos, os quais podem ir acompanhando o que os colegas dos outros grupos vão fazendo;*
- *trabalho de desenvolvimento da solução para o projeto que tocou ao grupo.*

Sendo os objetivos da aprendizagem integrar conhecimentos adquiridos noutras UCs, perceber e aplicar metodologias de projeto, tendo presente o seu processo evolutivo, refletir sobre o projeto, tendo em vista especificar os seus objetivos, traçar o rumo a seguir e definir os seus requisitos e condicionantes, desenvolver capacidade crítica sobre o uso dos meios de cálculo apropriados face às circunstâncias e condicionantes de cada projeto e conceber soluções construtivas viáveis e especifica-las adequadamente através das regras do caderno de encargos, entende-se que as metodologias de ensino referidas proporcionam um quadro referencial propício a que esses objetivos sejam alcançados.

O desafio que constitui para os estudantes o facto de terem que desenvolver projetos para resolução de problemas, tanto quanto possível, “reais”, isto é, o facto de os estudantes serem submetidos a uma experiência potencialmente concretizável, confronta-os com a necessidade de integrarem conhecimentos e selecionarem os materiais e as metodologias mais adequados, proporcionando a aquisição de conhecimentos profundos, particularmente sobre os aspetos envolvidos no projeto que lhes tocou desenvolver.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Teaching methodologies can be summed up as follows:

- *Theoretical/practical sessions of expository nature;*
- *Collective discussion sessions with the participation and guidance of teachers;*
- *Tutorial group sessions in the classroom to follow up the development of the assignments; the fact that these sessions take place in the classroom allows the exchange of opinions among different groups and also enables students to keep up with the work of other groups;*
- *Development of the solution found for the project assigned to each group.*

Since the learning objectives are to integrate the knowledge acquired in other CUs, perceive and apply project methodologies bearing in mind their evolution process, reflect about the project with the aim of specifying its objectives, setting the direction to follow and determine its requirements and constraints, develop critical analysis skills regarding the use of calculation methods that are adequate in face of the circumstances and constraints of each project, and envisage viable construction solutions and adequately specify them in the Terms of Reference, it is our understanding that the above-mentioned teaching methodologies provide an adequate framework to attain these objectives.

The fact that students have to develop projects to solve problems that are “real” to the greatest extent possible, i.e. the fact they are involved in a potentially achievable situation, sets a challenge and confronts them with the need to integrate knowledge and select the best suited materials and methodologies, allowing students to acquire expertise, particularly regarding the areas involved in the project that was assigned to them.

3.3.9. Bibliografia principal:

A bibliografia é essencialmente a das outras UCs, em particular das UCs mais relacionadas com o projeto concreto que tocou ao estudante desenvolver.

Textos e notas de apoio preparadas pelos docentes

Pedro Pacheco, Nelson Vila Pouca; Manual de Apoio ao Trabalho de Projecto, FEUP; 2007.

Bungale S. Taranath, Wind and Earthquake Resistant Buildings Structural Analysis and Design, MARCEL DEKKER, New York, 2005.

Karoly A. Zalka; Structural Analysis of Regular Multi-Storey Buildings, CRC Press, 2012.

Bungale S. Taranath; Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction, CRC Press, 2016.

Mapa IV - Materiais Reciclados em Estruturas e Geotecnia / Recycled Materials in Structures and Geotechnics

3.3.1. Unidade curricular:

Materiais Reciclados em Estruturas e Geotecnia / Recycled Materials in Structures and Geotechnics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:
Maria de Lurdes da Costa Lopes - 20h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:
Maria Joana Álvares Ribeiro de Sousa Coutinho - 18h TP
Castorina Fernanda da Silva Vieira - 18h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Com esta UC pretende-se, por um lado, alertar o estudante para a importância da sustentabilidade ambiental e para o papel das Estruturas e da Geotecnia no desenvolvimento sustentável e, por outro lado, que o estudante adquira conhecimentos e ferramentas que lhe permitam tomar decisões técnicas, devidamente fundamentadas, no que se refere à conceção, dimensionamento e monitorização do comportamento de obras executadas com materiais reciclados.

No final da UC o estudante deverá ser capaz de:

- tomar decisões técnicas que promovam a sustentabilidade das construções;
- dimensionar estruturas e obras geotécnicas que incluam materiais reciclados;
- conhecer alternativas de valorização de resíduos em estruturas e obras geotécnicas;
- estar familiarizado com a legislação nacional e internacional relativa à reciclagem de resíduos.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The aim of this curricular unit is, on the one hand, to raise students' awareness for the importance of environmental sustainability and for the role of Structures and Geotechnics in sustainable development and, on the other hand, for students to acquire expertise and tools that allow them to take duly justified technical decisions regarding the design, construction and monitoring of the behaviour of constructions made using recycled materials.

At the end of the CU, students should:

- be able to take technical decisions that promote the sustainability of constructions;
- be able to design geotechnical structures and works that include recycled materials;
- know waste recovery alternatives in geotechnical structures and works;
- be familiarised with the national and international legislation regarding waste recycling.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Economia circular aplicada às Estruturas e Geotecnia

1.2 Situação atual da reciclagem de resíduos em Portugal

2 - MATERIAIS RECICLADOS EM ESTRUTURAS

2.1 Tipos de materiais

- RCD
- Escórias de RSU
- Resíduos de Vidro
- Resíduos de pedreiras de granito
- Resíduos de exploração e corte de mármore
- Resíduos de cortiça
- Cinzas de casca de arroz
- Cinzas de biomassa

2.2 Aplicações (para cada tipo de resíduo)

- Adições/substitutos parciais do cimento Portland
- Argamassas
- Betões
- Caldas

2.2 Legislação Nacional e Internacional

2.3 Casos práticos

3 - MATERIAIS RECICLADOS EM GEOTECNIA

3.1 Tipos de materiais

- RCD
- Escórias de RSU
- Escórias de aciaria
- Resíduos de indústria mineira
- Resíduos de exploração de pedreiras
- Outros resíduos

3.2 Aplicações (para cada tipo de resíduo)

- Aterros estruturais
- Fundações
- Obras de drenagem
- Aterros de resíduos
- Obras rodoviárias e ferroviárias

3.3 Legislação Nacional e Internacional

3.4 Casos práticos

3.3.5. Syllabus:

1 - INTRODUCTION**1.1 Circular economy applied to Structures and Geotechnics****1.2 Current status of waste recycling in Portugal****2 - RECYCLED MATERIALS IN STRUCTURES****2.1 Types of materials**

-Construction and Demolition Waste (CDW)

-Municipal Solid Waste (MSW) slag

-Waste glass

-Waste from granite quarries

-Waste from marble exploration and sawing

-Waste cork

-Rice husk ash

-Biomass ash

2.2 Applications (per type of waste)

-Additives/partial substitutes for Portland cement

-Mortars

-Concretes

-Grouts

2.2 National and international legislation**2.3 Case studies****3 - RECYCLED MATERIALS IN GEOTECHNICS****3.1 Types of materials**

-Construction and Demolition Waste (CDW)

-Municipal Solid Waste (MSW) slag

-Steel slag

-Waste from the mining industry

-Waste from the operation of quarries

-Other wastes

3.2 Applications (per type of waste)

-Structural embankments

-Foundations

-Drainage works

-Waste landfills

-Road and railway works

3.3 National and international legislation**3.4 Case studies****3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

A sustentabilidade ambiental e a promoção de uma construção sustentável tornam imprescindível a adoção da economia circular, isto é, considerar os resíduos como recurso.

Assim, é importante dotar os estudantes de conhecimentos sobre as propriedades fundamentais dos resíduos e de novos materiais de construção que os incluam como matéria prima em aplicações estruturais e de geotecnia. A reciclagem de resíduos na construção constituiu um tema da maior atualidade e interesse em termos de sustentabilidade ambiental.

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da Unidade Curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos aspectos relevantes no âmbito da aplicação de materiais reciclados em estruturas e geotecnia. Os conteúdos programáticos permitirão dotar os estudantes de conhecimentos e competências técnicas, que lhes permitirão intervir de forma fundamentada nos domínios em causa, nomeadamente, na promoção da valorização de diversos tipos de resíduos no projeto e em obra.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

Environmental sustainability and the promotion of sustainable construction make it essential to adopt circular economy, i.e. to consider waste as a resource.

It is therefore important to provide students with knowledge on the fundamental properties of waste materials and also of new construction materials that include waste as raw material in structural and geotechnical applications. Waste recycling in construction is a very current and relevant topic in terms of environmental sustainability.

The syllabus is closely in line with the objectives of the curricular unit, focusing on the information and training regarding the main relevant topics on the application of recycled materials in structures and geotechnics. The syllabus provides students with adequate technical knowledge and skills that will allow them to act in a substantiated way in the relevant fields, namely in promoting the reuse of various types of waste in the project and on site.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O modelo de ensino da unidade curricular contemplará aulas teórico-práticas, onde serão abordados conhecimentos de base fundamentais e transmitidos conhecimentos teóricos relevantes. Procurar-se-á conciliar exposições teóricas dos conceitos e das metodologias correspondentes aos assuntos a estudar, apresentação e discussão de casos práticos que representem boas práticas ou situações a evitar no âmbito da sustentabilidade ambiental e, ainda, promover o contacto com projetos relevantes através de palestrantes convidados e(ou) visitas a obras.

A avaliação contemplará a realização de um trabalho prático que permita a aplicação dos conhecimentos adquiridos e um exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The teaching model of this Curricular Unit will include theoretical/practical lessons where fundamental knowledge is approached and relevant theoretical knowledge is transmitted. Efforts will be made in order to combine the theoretical presentation of concepts and the corresponding methodologies of the topics approached, the analysis and discussion of case studies that represent best practices or situations to avoid in the field of environmental sustainability and also to promote contact with relevant projects, through guest speakers and/or visits to construction sites. Assessment will include a practical assignment that allows the application of the knowledge acquired and also a final examination.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo de aulas permite, por um lado, dotar o estudante de conhecimentos relevantes no âmbito da economia circular e da promoção de uma construção sustentável.

A metodologia de ensino permitirá consciencializar o estudante para a importância da sustentabilidade ambiental e para o papel dos materiais reciclados no desenvolvimento sustentável. Serão transmitidos ao estudante conhecimentos e competências técnicas, que lhe permitirão intervir de forma fundamentada nos domínios das estruturas e da geotecnia, nomeadamente, na promoção da valorização de diversos tipos de resíduos no projeto e em obra.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

This model of classes allows, on the one hand, to provide students with relevant knowledge in the field of circular economy and the promotion of sustainable construction.

The teaching methodology will allow to raise students' awareness for the importance of environmental sustainability and for the role of recycled materials in sustainable development. Students will be provided with adequate technical knowledge and skills that will allow them to act in a substantiated way in the fields of structures and geotechnics, namely in promoting the reuse of various types of waste in the project and on site.

3.3.9. Bibliografia principal:

Bibliografia fornecida aos estudantes em suporte digital colocada na página da UC.

Sarsby, R.W. (2013). Environmental Geotechnics, 2nd Edition, ICE Publishing.

Torgal, F.P. & Jalali (2010). A Sustentabilidade dos Materiais de Construção, TecMinho, 460 p.

Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste (2013), WoodHead Publishing, 645p.

Mapa IV - Materiais Estruturais Avançados / Advanced Structural Materials

3.3.1. Unidade curricular:

Materiais Estruturais Avançados / Advanced Structural Materials

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Maria Joana Álvares Ribeiro de Sousa Coutinho - 16h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Sandra da Conceição Barbosa Nunes - 24h TP

Luis Filipe Pereira Juvandes - 16h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Conhecer os fundamentos e técnicas de aplicação dos materiais estruturais inovadores tendo em vista projetar para a durabilidade e sustentabilidade.

Conhecer as estratégias para prolongar a vida útil das estruturas de betão como uso de materiais eco eficientes, sobretudo resíduos industriais, a cofragem de permeabilidade controlada (CPF) e as soluções multi barreira.

Identificar, caracterizar e propôr soluções com betão de elevado desempenho, betão auto-compactável (SCC), betão de elevado desempenho reforçado com fibras (UHPRFC) e materiais compósitos reforçados com fibras (FRP).

Propor soluções avançadas para construção nova e reparação/reforço de estruturas existentes.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

Get to know the basic principles and the application techniques for innovative structural materials with the aim of designing for durability and sustainability.

Get to know strategies to extend the service life of concrete structures, such as the use of eco-efficient materials, mainly industrial waste, controlled permeability formwork (CPF), and multi-barrier solutions.

Identify, characterise and formulate solutions with high-performance concrete, self-compacting concrete (SCC), ultra-high performance fibre-reinforced concrete (UHPRFC), and fibre-reinforced polymers (FRP).

Formulate advanced solutions for new constructions and for the repair/reinforcement of existing structures.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Sustentabilidade na construção. Projeto para a durabilidade. Adições eco-eficientes tais como resíduos de vidro. CPF- Cofragem de permeabilidade controlada e outras técnicas.

2. SCC – Betão auto-compactável

Introdução. Princípios básicos de construção com SCC. Materiais e composição. Métodos de ensaio e normas.

Produção em obra e em pré-fabricação. Propriedades no estado endurecido. Casos de obra.

3. UHPFRC – Compósitos de ultra elevado desempenho reforçados com fibras

Introdução. Princípios básicos de construção com UHPFRC. Materiais e composição. Propriedades no estado fresco e endurecido. Produção em obra e em pré-fabricação. Recomendações e orientações. Princípios de projeto. Casos de obra.

4. FRP - Materiais com base em polímeros reforçados com fibras

Materiais compósitos da família FRP. Sistemas FRP para reforço de estruturas existentes. Técnicas de reforço. Critérios de dimensionamento para projeto e critérios de controlo de qualidade.

3.3.5. Syllabus:

1 Sustainability in construction. Design for Durability. Eco-efficient additions such as glass waste. CPF - Controlled Permeability Formwork and other techniques.

2 SCC- Self-Compacting Concrete

Introduction. Basic principles of construction with SCC. Materials and Mix design. Testing methods and standards. Production on site and in precast factories. Properties in the hardened state. Case Studies.

3 UHPFRC- Ultra High Performance Fibre Reinforced Composites

Introduction. Basic principles of construction with UHPFRC. Materials and Mix design. Properties in the fresh and hardened states. Production on site and in precast factories. Recommendations and Guidelines. Design principles. Case studies.

4. Fibre Reinforced Polymers (FRP) based materials

FRP composite materials. FRP systems for reinforcing/strengthening existing structures. Strengthening techniques. Design approaches and Quality Control criteria.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos materiais estruturais avançados propostos, tendo em vista projetar para a durabilidade e sustentabilidade, contemplando tanto as estruturas novas como as existentes. Estes conteúdos garantem aos estudantes um conhecimento mais aprofundado das propriedades dos betões de elevado desempenho, SCC, UHPFR e FRP que justificam as propostas regulamentares correntemente utilizadas no dimensionamento de estruturas com estes materiais. Os estudantes ficam assim dotados de conhecimentos profundos e competências técnicas, que lhes permitirão intervir de forma fundamentada e sustentável na engenharia civil.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus is closely in line with the objectives of the curricular unit, focusing on the information and training regarding the various advanced structural materials that are proposed. The aim is to design for durability and sustainability, encompassing both new and existing structures. This syllabus provides students with in depth knowledge on the properties of high-performance concretes, SCC, UHPFR, and FRP, which are the basis of the regulatory proposals that currently govern structural design using these materials. This way, students acquire solid knowledge and technical skills that will allow them to act in a substantiated and sustainable way in the field of civil engineering.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A apresentação e discussão de toda a matéria é efetuada nas aulas com cariz teórico-prático, com a apresentação e discussão dos conceitos fundamentais, normas de ensaio e regras de dimensionamento. Nas aulas serão também realizados ensaios em laboratório, que enriquecem o conhecimento sobre cada tema e que poderão dar resposta a questões que surjam, mais tarde, em obra. Serão também discutidos os trabalhos práticos propostos e esclarecidas as dúvidas.

Sempre que possível serão organizadas palestras, conferências e visitas de estudo a obras em que os materiais e as técnicas avançadas estejam a ser aplicados.

Métodos de avaliação: Avaliação distribuída (25%) com exame final (75%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

All the topics are covered in the theoretical/practical classes, with the presentation and discussion of the fundamental concepts, testing standards and design rules. Classes will also include laboratory tests to enrich students' knowledge on each of the topics and to answer any questions that may later arise on site. There will also be room for discussing the practical assignments proposed and to clarify any doubts.

Whenever possible, there will be lectures, conferences and field trips to construction sites where the advanced materials and techniques are in use.

Evaluation methods: Distributed evaluation (25%) with final examination (75%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático proposto com componente de laboratório, visitas a obras e contacto com a indústria garantem a transmissão de conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica sobre os materiais e técnicas avançadas em engenharia civil.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical/practical model involving laboratory work, field trips to construction sites and contact with the industry ensures knowledge transmission and also that students remain engaged to further explore, extend and critically analyse their knowledge on advanced materials and techniques in civil engineering.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Sousa-Coutinho, J. (2005) “Melhoria da durabilidade dos betões”. FEUPedições.
 ICE. (2009). “Manual of Construction Materials”, Thomas Telford.
 Matos, A M; Sousa-Coutinho, J. (2012)“Durability of mortars using waste glass powder as cement replacement”,
 Construction and Building Materials .
 EFNARC (2005). “The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use”.
 Fehling, E. et al. (2014). “Ultra-High Performance Concrete UHPC. Fundamentals, Design, Examples”, Wiley.
 AFGC. (2013). “Ultra high performance fibre-reinforced concrete. Recommendations”.
 Juvandes, L (2007). “Reforço de estruturas por colagem exterior de sistemas de FRP – Manual ”, LEMC-UP/Mota-Engil
 Fib CEB-FIP (2015). “Externally applied FRP reinforcement for concrete structures. Technical report”.
 ACI Committee 440 (2008). “Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for
 Strengthening Concrete Structures”.

Mapa IV - Pontes / Bridges**3.3.1. Unidade curricular:**

Pontes / Bridges

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Pedro Álvares Ribeiro Carmo Pacheco - 28h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Rui Artur Bártolo Calçada - 14h TP

Elsa de Sá Caetano - 14h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Com a frequência da Unidade Curricular um estudante deve:

- *Conhecer a terminologia técnica da engenharia de pontes;*
- *Ter noções da história da engenharia de pontes;*
- *Dominar o significado das diversas ações em pontes, conhecendo contextos normativos, em particular os Eurocódigos;*
- *Dominar técnicas de cálculo e análise estrutural de pontes;*
- *Compreender a relevância dos métodos construtivos, na conceção, análise, cálculo e dimensionamento de pontes;*
- *Dominar as tipologias mais comuns de sistemas estruturais de pontes;*
- *Ter noções gerais sobre ensaios de receção de pontes, técnicas de inspeção e métodos de monitorização.*

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

Upon attendance of the Curricular Unit, students should be able to:

- *Know the technical terminology of bridge engineering;*
- *Know the basics of bridge engineering history;*
- *Master the significance of different actions in bridges, being aware of the normative frameworks, in particular the Eurocodes;*
- *Master structural calculation and analysis techniques in bridges;*
- *Understand the relevance of construction methods in the design, analysis, calculation and dimensioning of bridges;*
- *Master the most common types of structural systems in bridges;*
- *Have general notions about reception tests of bridges, inspection techniques and monitoring methods.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Terminologia técnica da engenharia de pontes*
- *História da engenharia de pontes*
- *Tabuleiros, pré-esforço*
- *Pilares, fundações e encontros*
- *Juntas e aparelhos de apoio*
- *Processos construtivos de pontes*
- *Pontes rodoviárias: conceção, sistemas estruturais, seções transversais; ações; modelação estrutural; estados limites; ensaios e monitorização;*
- *Pontes ferroviárias: conceção, sistemas estruturais, seções transversais; ações; modelação estrutural; estados limites; ensaios e monitorização;*
- *Pontes pedonais: conceção, sistemas estruturais, seções transversais; ações; modelação estrutural; estados limites; ensaios e monitorização;*
- *Noções sobre inspeção e manutenção de pontes*

3.3.5. Syllabus:

- *Technical terminology of bridge engineering;*
- *Bridge engineering history;*
- *Decks, prestressing;*
- *Pillars, foundations and abutments;*

- *Joints and structural bearing;*
- *Construction processes for bridges;*
- *Road bridges: design, structural systems, cross sections; actions; structural modelling; limit states; testing and monitoring;*
- *Railway bridges: design, structural systems, cross sections; actions; structural modelling; limit states; testing and monitoring;*
- *Pedestrian bridges: design, structural systems, cross sections; actions; structural modelling; limit states; testing and monitoring;*
- *Basics on bridge inspection and maintenance.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A unidade curricular tem por objetivo a aplicação de conhecimentos anteriormente adquiridos e de métodos e regulamentos específicos ao dimensionamento de pontes. Esta unidade curricular procura fazer a transição entre a aprendizagem teórica e a atividade profissional no âmbito do projeto de pontes rodoviárias, ferroviárias e pedonais.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The curricular unit aims to apply previously acquired knowledge and specific methods and regulations to the design of bridges. It seeks to make the transition between theoretical learning and professional activity within the design of road, rail and pedestrian bridges.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas com exposição das teorias e métodos com referências frequentes a exemplos de soluções de pontes. Discussão de problemas concretos e realização de exemplos de aplicação. Visitas a obras.

Métodos de avaliação:

- Trabalhos práticos (30%); Exame (70%)

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical/practical classes with presentation of theories and methods, and frequent references to examples of bridge solutions. Discussion of case studies and application examples. Visits to construction sites.

Evaluation methods:

- Practical assignments (30%); Examination (70%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

As metodologias de ensino usadas permitem a abordagem dos temas essenciais associados ao projeto de pontes, a análise, discussão e interpretação crítica das soluções, evidenciando-se as capacidades de formulação de problemas, aplicação de conhecimentos e verificação regulamentar.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The teaching methodologies that are used allow to cover the essential topics related to the design of bridges, and the analysis, discussion and appraisal of the solutions, focusing on the ability to formulate problems, apply knowledge and check regulations.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *Manterola Armisén, Javier; Puentes. ISBN: 84-7493-296-3 (vol. 1)*
- *Menn, Christian; Prestressed concrete bridges. ISBN: 3-7643-2414-7(CH)*
- *Eugene J. O'Brien, Damien L. Keogh; Bridge deck analysis. ISBN: 0-419-22500-5*
- *Mathivat, Jacques; Procédés généraux de construction*

Mapa IV - Estruturas Pré Fabricadas / Precast Structures

3.3.1. Unidade curricular:

Estruturas Pré Fabricadas / Precast Structures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Afonso António de Serra Neves - 28h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Carlos Filipe Ferreira de Sousa - 28h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

- *Obter conhecimentos sobre sistemas de pré-fabricação em betão, com destaque para a conceção, projeto, montagem e regulamentação aplicável.*
- *Desenvolver competências na área do projeto de estruturas pré-fabricadas de edifícios, sendo dado especial destaque às soluções de ligação entre elementos estruturais.*
- *Conhecer novas tecnologias, materiais e soluções construtivas.*

- Analisar soluções alternativas para a pré-fabricação de pavimentos de edifícios e para a realização de ligações entre elementos pré-fabricados.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

- To obtain basic knowledge regarding concrete precast systems, with emphasis in the conception, design, erection and applicable regulations.*
- To develop competencies in terms of design of precast building structures, with particular emphasis on the solutions for connection between structural members.*
- To know new technologies, materials and constructive solutions.*
- To analyse alternative solutions for precast floor systems and for connections between precast members.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à pré-fabricação em betão -- Industrialização da construção. Produtos mais comuns em betão estrutural. Novos materiais. Vantagens e inconvenientes. Qualidade e regulamentação sobre pré-fabricação em betão. Exemplos.*
- 2. Efeitos estruturais do faseamento construtivo em estruturas pré-fabricadas -- Comportamento diferido do betão. Redistribuição de esforços por fluência e retração. Metodologias de análise.*
- 3. Pré-fabricação em pavimentos de edifícios -- Diferentes soluções construtivas e respetiva aplicação. Lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas. Sistemas de painéis do tipo pré-laje com e sem aligeiramento. Lajes alveolares. Lajes do tipo duplo-tê. Conceção e dimensionamento.*
- 4. Ligações entre elementos pré-fabricados de edifícios -- Mecanismos elementares de transmissão de esforços. Conceção e dimensionamento de ligações do tipo fundação-pilar, emenda de pilar e pilar-viga. Conceção e dimensionamento de apoios. Sistemas de cintagem.*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Introduction to the prefabrication in concrete -- Industrialization of construction. Most common structural concrete products. New materials. Advantages and inconveniencies. Quality and codes on prefabrication in concrete. Examples.*
- 2. Structural effects of the construction sequence in precast structures -- Delayed concrete behaviour. Redistribution of stresses due to concrete creep and shrinkage. Analysis methodologies.*
- 3. Prefabrication of floor structures -- Different construction systems and their applicability. Composite beam-block floors. Composite slabs made of solid planks with in-situ concrete. Hollow core slabs. Double-T units with topping. Conception and design.*
- 4. Connections between precast elements in concrete buildings -- Basic mechanisms for transference of forces. Conception and design of beam-column, column-column and column-foundation connections. Conception and design of supports. Tying systems.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos correspondem a um conjunto de conhecimentos básicos sobre a pré-fabricação de estruturas de betão, que é um método com importância crescente na construção de edifícios. Os conteúdos programáticos permitem que o processo de aquisição de conhecimentos seja levado a cabo não só por meio de sessões de exposição de matérias, como também através da resolução de problemas, individualizada ou em grupo.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The several points of the Syllabus correspond to different aspects of basic knowledge on precast concrete structures, which has been increasingly recognised as an important construction method for buildings. The Syllabus contents allow the application of different teaching and learning processes, based on theoretical presentations and problem solving exercises, individually or in group.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de exposição e discussão sobre as matérias apresentadas e afins, com projeção de slides disponibilizados na página da UC e esclarecimento de questões levantadas pelos estudantes. Aulas com realização de trabalhos práticos, individuais ou de grupo. Resolução de fichas de exercícios para aplicação dos conhecimentos adquiridos. Discussão e interpretação crítica dos resultados. Visitas de estudo a obra e a fábrica. A avaliação será realizada através de um exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes for presentation and discussion of course unit subjects. Slide display (slides available for download in the course unit web page). Discussion of doubts and questions raised by the students. Classes for solution of practical exercises (individually or in small groups). Solution of worksheets for application of the theoretical concepts. Discussion and appraisal of the results. Field trips to a construction site and to a precast plant. The evaluation will be carried out through a final exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

A metodologia de ensino baseia-se em técnicas adequadas à transmissão de novos conhecimentos e tem uma forte componente de aprendizagem através da resolução de problemas, o que é coerente com os objetivos da aprendizagem relacionados com o desenvolvimento de competências para o projeto de estruturas pré-fabricadas de edifícios. A realização de trabalhos práticos é também importante para a aquisição de competências relacionadas com o conhecimento e aplicação da regulamentação aplicável a este tipo de estruturas.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The teaching methodology is based on techniques suitable for the acquisition of knowledge and has a strong component of problem solving exercises, which is coherent with the learning outcomes related with the development of competencies for the design of precast building structures. The development of practical assignments is also important for the acquisition of competencies related to the knowledge and application of the regulations applicable to this type of structure.

3.3.9. Bibliografia principal:

- fib (2014). "Planning and design handbook on precast building structures - fib Bulletin n° 74", Lausanne: International Federation for Structural Concrete (fib).
- Camposinhos, R.; Serra Neves, A. (2005). "Lajes aligeiradas com vigotas pré-tensionadas", Porto: Edições UP.
- fib (1988). "Composite Floor Structures", London: Thomas Telford.
- fib (1988). "Precast prestressed hollow core floors", London: Thomas Telford.

Mapa IV - Reabilitação de Estruturas e Fundações / Rehabilitation of Structures and Foundations**3.3.1. Unidade curricular:**

Reabilitação de Estruturas e Fundações / Rehabilitation of Structures and Foundations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes - 15h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*António José Coelho Dias Arêde - 15h TP
Arlindo Jorge Sá de Begonha - 6h TP
Humberto Salazar Amorim Varum - 10h TP
Luís Filipe Pereira Juvandes - 10h TP*

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

O tema da reabilitação é um paradigma do atual panorama da construção civil, no qual a reabilitação estrutural assume importância crucial para o sucesso da "reciclagem" de construções. No entanto, são notórias as carências que os profissionais de engenharia civil sentem na abordagem de problemas de reabilitação e reforço de estruturas e fundações, porquanto tem sido um assunto algo marginal nos currículos de engenharia civil. Neste contexto, pretende-se dotar os formandos dos conhecimentos básicos que permitam realizar uma abordagem conveniente e eficaz ao projeto e execução de reabilitação de estruturas correntes, sensibilizando-os para a necessidade de ações de inspeção, diagnóstico e avaliação de segurança prévias que sustentem a necessidade de intervenção. São apresentadas soluções e formas de abordagem à intervenção estrutural em estruturas de betão e/ou em alvenaria e madeira e focados alguns aspetos particulares relacionados com o reforço sísmico.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The rehabilitation topic is a paradigm in the current context of civil construction, where structural rehabilitation takes on a crucial importance for the success of "recycling" constructions. However, civil engineering professionals show notorious shortcomings when addressing issues on rehabilitation and strengthening/reinforcement of structures and foundations, since this has been a somewhat marginal topic in civil engineering curricula. It is thus intended to provide students with basic knowledge that allows a convenient and effective approach to the rehabilitation design and execution of common structures, raising their awareness for the need of previous actions in terms of safety inspection, diagnosis and assessment that support the need for an intervention. Solutions and approaches regarding structural work in concrete and/or masonry and timber structures will be presented, focusing on some particular aspects related to seismic strengthening/reinforcement.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à Reabilitação Estrutural
 - 1.1. Tipologias do edificado existente
 - 1.2. Metodologia de intervenção
 - 1.3. Princípios de actuação
2. Estruturas de Alvenaria e Madeira
 - 2.1. Caracterização estrutural
 - 2.2. Inspeção, diagnóstico e monitorização
 - 2.3. Metodologias de avaliação de segurança
 - 2.4. Intervenção de reabilitação e reforço estrutural
 - 2.5. Aspectos particulares do reforço sísmico
3. Estruturas de Betão Armado
 - 3.1. Caracterização estrutural
 - 3.2. Inspeção, diagnóstico e monitorização
 - 3.3. Metodologias de avaliação de segurança
 - 3.4. Intervenção de reabilitação e reforço estrutural
 - 3.5. Aspectos particulares do reforço sísmico.

3.3.5. Syllabus:

1. *Introduction to Structural Rehabilitation*
 - 1.1. *Types of existing buildings*
 - 1.2. *Work methodology*
 - 1.3. *Principles for action*
2. *Masonry and Timber Structures*
 - 2.1. *Structural characterisation*
 - 2.2. *Inspection, diagnosis and monitoring*
 - 2.3. *Safety assessment methodologies*
 - 2.4. *Rehabilitation and structural reinforcement work*
 - 2.5. *Particular aspects of seismic strengthening/reinforcement*
3. *Reinforced Concrete Structures*
 - 3.1. *Structural characterisation*
 - 3.2. *Inspection, diagnosis and monitoring*
 - 3.3. *Safety assessment methodologies*
 - 3.4. *Rehabilitation and structural reinforcement work*
 - 3.5. *Particular aspects of seismic strengthening/reinforcement*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos constituem uma resposta estruturada aos objetivos da unidade curricular, uma vez que incluem a informação e a formação em relação aos diversos aspetos relevantes no âmbito da reabilitação de estruturas e fundações de sistemas construtivos antigos e recentes utilizados nas construções correntes de Engenharia Civil. Estes conteúdos garantem ainda aos estudantes um conhecimento sustentado sobre as formas de atuar específicas da reabilitação por "oposição" à construção nova e que justificam as metodologias de intervenção atualmente aceites internacionalmente pelos organismos com papel relevante na área da intervenção em edificado existente. Os estudantes ficam assim dotados de conhecimentos e competências técnicas que lhes permitirão intervir de forma fundamentada no domínio da reabilitação de estruturas.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus is closely in line with the objectives of the curricular unit, focusing on the information and training regarding the various relevant aspects in the context of rehabilitation of structures and foundations, both of old and new building systems used in common constructions of Civil Engineering. This syllabus also provides students with sustained knowledge on the ways of acting that are specific to rehabilitation as "opposed" to new construction and that justify the work methodologies currently accepted at a global level by institutions with a relevant role in the field of works in existing buildings. This way, students acquire knowledge and technical skills that will allow them to act in a substantiated way in the field of structural rehabilitation.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A transmissão de conhecimentos será realizada por exposição oral apoiada em meios audio-visuais apropriados aos temas abordados, onde se inclui a apresentação de casos práticos de caracterização e intervenção em edificado corrente. Terão ainda oportunidade de analisar alguns casos de estudo e visitar algumas obras de reabilitação em diferentes fases de intervenção.

A avaliação será realizada mediante exame escrito e uma componente de trabalhos práticos com o seguinte peso relativo:

- Trabalhos práticos - 40%; - Exame - 60%.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Contents will be orally presented with the support of audiovisual media adequate to the subjects covered, including the presentation of practical cases regarding characterisation and work in existing buildings. Students will also have the chance to analyse several case studies and to go on field trips to some rehabilitation construction sites in different stages of intervention.

Evaluation will comprise a written examination and a component of practical assignments with the following weighting:

- Practical assignments: 40%; - Examination: 60%.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O modelo teórico-prático com exposição teórica apoiada na apresentação de casos práticos e visitas a obras garante a transmissão dos conhecimentos e o incentivo à sua exploração, aprofundamento e análise crítica.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The theoretical/practical model with the presentation of practical cases and field trips to construction sites ensures knowledge transfer and that students remain engaged to further explore, extend and critically analyse their knowledge.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Costa, A., Guedes, J. M., & Varum, H. (Eds.). (2014). *Structural rehabilitation of old buildings*. Springer Berlin Heidelberg.
- De Freitas, V. P. (2012). *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*.
- Watt, D. S. (2009). *Building pathology: Principles and practice*. John Wiley & Sons.
- Fu, G. (Ed.). (2005). *Inspection and monitoring techniques for bridges and civil structures*. Elsevier.

- Beckmann, P., & Bowles, R. (2004). *Structural aspects of building conservation*. Routledge.
- Macdonald, S. (Ed.). (2008). *Concrete: building pathology*.
- Woodson, R. D. (2009). *Concrete structures: protection, repair and rehabilitation*. Butterworth-Heinemann.
- Fib CEB-FIP (2015). *Externally applied FRP reinforcement for concrete structures*. Technical report.
- Arriaga, F. (2002). *Intervención en estructuras de madera*. Aitim.
- Appleton, J. A. (2003). *Reabilitação de edifícios antigos: patologias e tecnologias de intervenção*

Mapa IV - Obras de Aterro / Embankment Works

3.3.1. Unidade curricular:

Obras de Aterro / Embankment Works

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Eduardo Manuel Cabrita Fortunato – 28h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

António José de Magalhães Silva Cardoso - 28h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Com esta unidade curricular pretende-se que o estudante adquira um conjunto de conhecimentos e ferramentas essenciais para o processo de decisão e respetiva fundamentação técnica, no contexto da conceção, dimensionamento, construção e observação de obras geotécnicas para fins viários. No final da unidade curricular o estudante deverá ser capaz de planear e controlar a execução de terraplenagens, bem como dimensionar aterros sobre solos muito problemáticos (como solos moles).

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This unit intends that the student acquires relevant expertise and tools to allow the process of technical decision, in terms of conception, design, construction and observation of geotechnical works. At the end of the course the student should be able to control the execution of earthworks and to design embankments built on problematic soils (as soft soils).

3.3.5. Conteúdos programáticos:

I) Terraplenagens- Controlo/execução.

Ensaio laboratoriais base. Controlo da execução de terraplenagens. Ensaio de controlo. Métodos baseado no desempenho associados à experiência. Adição de ligantes em terraplenagens. Equipamentos utilizados em terraplenagens. Classificação LCPC/SETRA. Avanços recentes no controlo e execução de aterros (rolos poligonais, compactação inteligente, etc)

II) Aterros sobre solos moles.

Dimensionamento. Determinação das deformações verticais e horizontais. Estudo do comportamento típico de um aterro sobre solos moles. Reforço destes aterros com banquetas, drenos verticais, construção faseada, pré-carga, estacas de brita, estacas de betão, colunas de “deep mixing”, substituição de solos, geossintéticos, utilização de materiais leves, etc. Observação de obras geotécnicas (tipo de equipamento, fiabilidade, utilização, etc).

3.3.5. Syllabus:

I) Execution/control of earthworks

Reference laboratory tests. Execution control. Control tests. Methods based on the performance associated to the experience. Use of binders to stabilise the embankments. Equipment. Classification LCPC/SETRA. Advances in execution and control of earthworks (as polygonal drum rollers, intelligent compaction, etc).

II) Embankments built on soft soils.

Design. Evaluation of settlements and horizontal displacements. Typical behaviour of embankments built on soft soils. Construction techniques: lateral berms, vertical drains, staged construction, preloading, sand columns, concrete piles, deep mixing columns, use of geosynthetics, use light materials. Field observation of geotechnical works (equipment, reliability, use, etc)

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O programa da unidade curricular aborda os assuntos relacionados com a execução/controlo de aterros, permitindo aos estudantes adquirir competências relativamente ao projeto e acompanhamento deste tipo de obras. Constitui também parte relevante dos conteúdos o dimensionamento de aterros sobre solos moles, visando dotar os estudantes de instrumentos teóricos e práticos utilizados no projeto, conceção e observação de obras de aterro de infraestruturas de transportes.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The consideration in the syllabus of the issues related with the execution/control of earthworks will allow the students to acquire skills regarding the design and follow up of this type of works. As the syllabus also covers the design of

embankment built on soft soils, the students will be able to design, control and understand the observation of earthworks for transportation infrastructures, which are an important part of geotechnical works.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

I) Aulas teóricas práticas

Exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais, com recurso a meios audiovisuais. Demonstração das matérias lecionadas com a resolução de alguns problemas de aplicação. Utilização dos programas Plaxis e Slide para resolução de problemas geotécnicos. Aulas de laboratório e de campo para demonstração de diversos equipamentos de ensaio. Visita a obras de aterro de infraestruturas de transportes.

II) Avaliação:

Trabalho em grupo – 30%; Exame final – 70%

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

I) Practical -theoretical lectures

Use of audiovisual means to explain the main theories and principles of the subjects. In addition, some problems are solved to explain the subjects studied. Use of Plaxis and Slide codes to solve geotechnical problems. Field and laboratory lectures to demonstrate of testing equipment. Visit to some earthworks for transportation infrastructures

II) Evaluation:

Group work – 30%; Final exam – 70%

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

O recurso a meios audiovisuais, com visualização de fotos e filmes, bem como a visita a obras geotécnicas, pretende complementar a leção das matérias teóricas, a resolução de problemas práticos e a realização de trabalhos de grupo. Esta interação de metodologias visa dotar os estudantes de instrumentos teóricos e práticos, utilizados no projeto, conceção e observação de obras de aterro.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The use of audiovisual means, with photos and movies, associated with the visit to some geotechnical works, intend to complement the theoretical subjects, the resolution of practical problems and the execution of group works. This interaction of methodologies intends to give to the students the main tools used in the design, conception and observation of earthworks.

3.3.9. Bibliografia principal:

Ground Improvement Case Histories (2005), Edited by Buddhima Indraratna and Jian Chu, Nanyang, Elsevier.
Balasubramaniam, A. S. (1985)- Recent developments in ground improvement techniques: proceedings of the international symposium held at Asian Institute of Technology, Bangkok.
Hight, D. W., Jardine, R. J., and Gens, A. (1987). "Embankments on soft clays." Bulletin of the Public Works Research Center, Chap. 2, The Public Works Research Center of Greece, Athens, Greece.
Leroueil, S., Magnan, J. P., and Tavenas, F. (1990). Embankments on soft clays, Ellis Horwood, England.
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application à la réalisation des remblais et des couches de forme, SETRA/LCPC, 2000. ISBN: ISBN: 2-7208-3810-1.
Réalisation de remblais et des couches de forme. Fascicules I et II, LCPC-SETRA, 2000.
Puppala, A.J. (2008) NCHRP synthesis 382: Estimating Stiffness of Subgrade and Unbound Materials for Pavement Design; Washington, D.C.: T.R.B.

Mapa IV - Instrumentação e Observação de Obras / Construction Monitoring and Observation

3.3.1. Unidade curricular:

Instrumentação e Observação de Obras / Construction Monitoring and Observation

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Álvaro Alberto de Matos Ferreira da Cunha - 20h TP

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Carlos Filipe Ferreira de Sousa - 20h TP
Castorina Fernanda da Silva Vieira - 16h TP

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

- Obter conhecimentos básicos relacionados com a utilização de equipamentos de ensaio para observação do comportamento de novos materiais e estruturas em diversas fases da construção, submetidas a ações estáticas ou dinâmicas;
- Compreender as técnicas não destrutivas utilizadas no diagnóstico e na avaliação da segurança estrutural;
- Compreender a importância da Observação e Monitorização Estrutural mediante a apresentação de diversos "case studies", envolvendo inspeção, realização de ensaios estáticos e dinâmicos e monitorização a longo prazo.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

- *To obtain basic knowledge regarding the use of testing equipment for the observation of the behaviour of materials and structures along different phases of their life time (construction, reception, service, rehabilitation or strengthening), submitted to static or dynamic loads;*
- *To understand non-destructive techniques used in structural diagnosis and evaluation of structural safety;*
- *To understand the importance and usefulness of Testing and Structural Monitoring by presenting a large variety of case studies, involving inspection, performance of static and dynamic tests and long-term monitoring.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução.*
2. *Metrologia dimensional. Características gerais e calibração de transdutores.*
3. *Medição de deslocamentos, extensões, forças, temperaturas e corrosão. Tipos de sensores. Princípios de funcionamento. Propriedades e especificações.*
4. *Observação de estruturas. Sistemas de monitorização para avaliação do comportamento durante a construção e em serviço. Ensaios de carga.*
5. *Técnicas não destrutivas de inspeção e diagnóstico. Métodos mecânicos, químicos, eletroquímicos e eletromagnéticos.*
6. *Observação dinâmica de estruturas. Sistema de excitação e medição de vibrações em estruturas. Análise e Processamento de Sinal. Ensaios de Vibração Ambiental e Monitorização Contínua. Exemplos de aplicação.*
7. *Instrumentação e observação de obras geotécnicas. Determinação in situ das propriedades dos solos e rochas e observação em obra.*

3.3.5. Syllabus:

1. *Introduction.*
2. *Metrology. General transducer characteristics and calibration.*
3. *Measurement of displacements, strain, forces, temperatures and corrosion. Types of sensors and working principles. Properties and specifications.*
4. *Structural observation. Monitoring systems for evaluation of the structural response during construction and service phases. Load tests.*
5. *Non-destructive techniques for diagnosis and structural evaluation. Mechanical, chemical, electrochemical and electromagnetic methods.*
6. *Dynamic testing techniques. Systems for excitation and monitoring of vibrations in structures. Signal processing and analysis. Ambient Vibration Tests and Continuous Monitoring. Application examples.*
7. *Instrumentation and observation of geotechnical works. In situ evaluation of soil and rock properties and in situ observation.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos correspondem a um conjunto de conhecimentos básicos sobre Observação de Obras, que é um meio cada vez mais reconhecido como essencial para a avaliação do seu comportamento e da segurança estrutural. A consciencialização dos efeitos económicos e sociais determinados pelo envelhecimento das estruturas, deterioração e avarias, associada aos recentes desenvolvimentos tecnológicos na área da instrumentação leva a um crescente desenvolvimento e aplicação de sistemas de observação frequente ou contínua para o aumento da vida útil ou definição de estratégias de reparação.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The several points of the Syllabus correspond to different aspects of basic knowledge on Construction Observation, which has been increasingly recognised for evaluation of the performance and safety of Civil Engineering structures. The awareness of economic and social effects due to aging, deterioration and damage of structures, associated with recent technological developments in the area of instrumentation leads to a growing development and implementation of monitoring systems for frequent or continuous observation to increase the lifetime of structures or implementation of repair strategies.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de exposição e discussão sobre as matérias apresentadas e afins, com projeção de slides disponibilizados na página da UC e esclarecimento de questões levantadas pelos estudantes. Aulas para realização de trabalhos práticos, individuais ou de grupo. Resolução de fichas de exercícios para aplicação dos conhecimentos adquiridos. Aulas de demonstração laboratorial, para exemplificação de técnicas e procedimentos de medição. Discussão e interpretação crítica dos resultados. A avaliação será realizada através de um exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes for presentation and discussion of course unit subjects. Slide display (slides available for download in the course unit web page). Discussion of doubts and questions raised by the students. Classes for solution of practical exercises (individually or in small groups). Solution of worksheets for application of theoretical concepts. Laboratorial demonstration classes for exemplification and application of techniques and measurement procedures. Discussion and appraisal of the results. The evaluation will be carried out through a final exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Na unidade curricular são abordados conceitos que são novos para a maioria dos estudantes. Isso justifica que cada conteúdo programático seja tratado inicialmente em aulas de exposição teórica.

Na unidade curricular são ensinadas técnicas de medição, o que torna importante a existência de aulas laboratoriais onde são demonstradas e aplicadas as técnicas em estudo.

A unidade curricular aborda também a monitorização de estruturas reais e por isso, nas aulas, são também apresentados e discutidos casos reais de ensaios de campo.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The course unit deals with concepts which are new for the majority of the students. For that reason, each Syllabus chapter starts with classes for presentations and discussion of theoretical bases.

One of the learning outcomes of this course unit involves the knowledge about measurement techniques. Therefore, laboratorial classes become necessary for demonstration and application of the studied techniques.

The course unit also focuses on the monitoring of real structures. Consequently, real case studies (field tests) are also presented and discussed in the classes.

3.3.9. Bibliografia principal:

Bertolini, L.; Elsener, B.; Pedferri, P.; Polder, R. (2013). "Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair, 2nd Edition", Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Restivo, M.; Almeida, F.; Mendes, J.; Lopes, A. Chouzal, M. (2008). "Laboratories of Instrumentation for Measurement", Porto: Editora UP (CD-ROM).

Malhotra, V.; Carino, N. (2004). "Handbook on nondestructive testing of concrete, 2nd Edition", CRC Press LLC.

Dally, J.; Riley, W.; McConnell, K. (1993). "Instrumentation for engineering measurements", New York : John Wiley & Sons.

Caetano, E. (1992). "Identificação de Parâmetros Dinâmicos de Sistemas Estruturais". Tese de Mestrado Pré-Bolonha. FEUP.

Cunha, A., Caetano, E., Magalhães, F. Moutinho, C. (2013). "Recent perspectives in dynamic testing and monitoring of bridges". Journal of Structural Control and Health Monitoring, Vol.20, Issue 6, pp.853-877.

Dunncliff, J. (1994). Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, Wiley.

Mapa IV - Dissertação / Dissertation**3.3.1. Unidade curricular:**

Dissertação / Dissertation

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Rui Manuel Carvalho Marques de Faria OT-7h (Coordenação)

3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Os restantes docentes serão indicados de acordo com o tema da dissertação de cada estudante./ Teachers will be appointed according to the theme of each student's dissertation.

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

O desenvolvimento da dissertação deve ter em conta os seguintes objetivos e competências a atingir:

- Adquirir conhecimento numa área específica das Estruturas de Engenharia Civil, com recurso à atividade de investigação, de inovação ou de aprofundamento de competências profissionais;

- Capacidade para integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, incluindo reflexões sobre as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem dessas soluções e desses juízos;

- Ser capaz de comunicar as suas conclusões, os conhecimentos e os raciocínios a elas subjacentes, de uma forma clara e sem ambiguidades.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

The preparation of the dissertation must take into account the following objectives and skills to achieve:

- Acquire knowledge in a specific area of Civil Engineering Structures through research and innovation activities or through activities to further extend professional skills;

- Have the ability to integrate knowledge, deal with complex issues, develop solutions or pass judgement in situations where there is limited or incomplete information available, including reflections on the ethical and social implications and responsibilities that arise from those solutions and judgements;

- Be able to communicate one's conclusions, knowledge and underlying reasoning in a clear and unambiguous way.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O programa da dissertação define os objetivos, as tarefas e o plano de trabalhos para todo o semestre correspondente. O programa é proposto pelo Orientador e tem de ser aprovado pelo Diretor do Ciclo de Estudos, após auscultação da Comissão Científica do MEEC.

3.3.5. Syllabus:

The syllabus of the dissertation sets the objectives, tasks and work-plan for all the corresponding semester. The program is proposed by the Supervisor and must be approved by the Director of the Cycle of Studies after consulting the Scientific Committee of MEEC.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os conteúdos programáticos visam complementar a formação na área científica das Estruturas de Engenharia Civil, e que apresentem os desenvolvimentos mais recentes. Partindo de um conjunto de propostas de planos de trabalhos para a elaboração de dissertações, o plano de trabalhos de cada estudante atenderá ao respetivo perfil de formação e à disponibilidade dos recursos, sendo proposto pelo respetivo Orientador e aprovado pelo Diretor do Ciclo de Estudos, após auscultação da Comissão Científica do MEEC. O acompanhamento personalizado de cada estudante é assegurado pelo Orientador, a quem compete supervisionar o seu progresso e guiá-lo de forma a concretizar os objetivos fixados. O resultado do trabalho desenvolvido por cada estudante é apresentado como um relatório com a versão provisória da dissertação, que será avaliado publicamente perante um júri. Caso tenha aprovação, a versão final é entregue logo após a discussão pública, tendo em conta as correções indicadas pelo júri.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

The syllabus aims to complement training in the scientific field of Civil Engineering Structures, including the latest developments. Based on a set of work-plan proposals for the development of dissertations, each student's work-plan will take into account their specific training profile and the resources available. The work-plan is proposed by the student's Supervisor and approved by the Director of the Cycle of Studies after consulting the Scientific Committee of MEEC. The Supervisor is responsible for a personalised tutorial guidance of each student and also for overseeing their progress in order to achieve the objectives established. The result of the work carried out by each student is presented in the form of a report together with the provisional version of the dissertation, which will be publicly defended before a jury and assessed by it. If the student obtains approval, the final version will be delivered right after public discussion, taking into account any corrections indicated by the jury.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O desenvolvimento da dissertação é orientado por um Professor ou Investigador doutorado integrante do MEEC. O Orientador e o Co-Orientador (caso este último exista), serão nomeados pelo conselho científico da FEUP, após proposta da Comissão Científica do MEEC.

Método de avaliação:

- Defesa pública de dissertação (100%).

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The preparation of the dissertation is done under the guidance of a Teacher or Researcher who holds a doctoral degree and is part of MEEC. The Supervisor and Joint Supervisor (if any) will be appointed by the Scientific Council of FEUP, following the proposal by the Scientific Committee of MEEC.

Evaluation method:

- Public defence of the dissertation (100%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Sendo esta UC a que finaliza o percurso académico dos estudantes no Ciclo de Estudos do MEEC, pretende-se que com a elaboração da dissertação os futuros profissionais demonstrem ser altamente qualificados, possuidores de elevados conhecimentos, com capacidades e competências na área de especialização das Estruturas de Engenharia Civil. Com a finalização desta UC os profissionais demonstrarão estar aptos a resolver desafios técnicos de forma estruturada, rigorosa e a abordar de forma multidisciplinar problemas de Estruturas de Engenharia Civil, enquadrando-os nos respetivos contextos técnico-científicos, económico, social e ambiental. A elaboração desta UC permitirá ainda desenvolver nos estudantes a capacidade de comunicação dos resultados da dissertação à comunidade técnica e à sociedade em geral, realçando as capacidades de liderança, empreendedorismo e de trabalho em equipa, tendo em conta os contextos económicos e competitividade internacional.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

This curricular unit finalises the students' academic path in MEEC. Therefore, by writing the dissertation, it is intended that the future professionals show they are highly qualified, highly knowledgeable, and have abilities and skills in the Civil Engineering Structures field of expertise. By completing this CU, the professionals will show they are prepared to solve technical challenges in a structured, rigorous way and that they have a multidisciplinary approach to problems in Civil Engineering Structures, integrating them in the corresponding contexts: scientific-technical, economic, social, and environmental. Completion of this CU will also allow students to develop their skill to communicate the dissertation results to the technical community and to society in general, enhancing their leadership, entrepreneurship and teamwork skills, taking into account the economic contexts and international competitiveness.

3.3.9. Bibliografia principal:

A bibliografia a utilizar será definida de acordo com o plano de trabalhos correspondente a cada dissertação./ The bibliography to use will be established in accordance with the work-plan of each dissertation.

4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos

4.1.2. Equipa docente do ciclo de estudos / Teaching staff of the study programme

Nome / Name	Grau / Degree	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Afonso António de Serra Neves	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Alberto Mário Vasconcelos Tavares Moreira	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Álvaro Alberto de Matos Ferreira da Cunha	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Álvaro Ferreira Marques Azevedo	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
António Milton Topa Gomes	Doutor	Engenharia Civil – Geotecnia – Estruturas de Suporte e Obras Subterrâneas	100	Ficha submetida
António Abel Ribeiro Henriques	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
António Joaquim Pereira Viana da Fonseca	Doutor	Engenharia Civil – Geotecnia – Caracterização de laboratório e de campo e Fundações	100	Ficha submetida
António José Coelho Dias Arêde	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
António José de Magalhães Silva Cardoso	Doutor	Engenharia Civil – Geotecnia – Melhoramento e Reforço de Solos	100	Ficha submetida
Arlindo Jorge Sá de Begonha	Doutor	Ciências – Ramo de conhecimento Geologia	100	Ficha submetida
Carlos Filipe Ferreira de Sousa	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Ramos Moutinho	Doutor	Estruturas de Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Castorina Fernanda da Silva Vieira	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Eduardo Manuel Cabrita Fortunato	Doutor	Engenharia Civil – Geotecnia – Pavimentos	15.6	Ficha submetida
Elsa de Sá Caetano	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Filipe Manuel Rodrigues Leite de Magalhães	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Humberto Salazar Amorim Varum	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Jorge Nuno Veiga de Almeida e Sousa	Doutor	Ciências de Engenharia – Geotecnia – Obras Subterrâneas		Ficha submetida
José Manuel Mota Couto Marques	Doutor	Engenharia Civil – Geotecnia – Métodos Numéricos	100	Ficha submetida
José Miguel de Freitas Castro	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Luís Filipe Pereira Juvandes	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Manuel António de Matos Fernandes	Doutor	Engenharia Civil – Estruturas – Estruturas de Suporte de Terras	100	Ficha submetida
Maria de Lurdes da Costa Lopes	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Maria Joana Álvares Ribeiro de Sousa Coutinho	Doutor	Engenharia civil	100	Ficha submetida
Mário Jorge Seixas Pimentel	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Nelson Saraiva Vila Pouca	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Barbosa Alves Costa	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Pedro Álvares Ribeiro do Carmo Pacheco	Doutor	Engenharia Civil	9.4	Ficha submetida
Rui Artur Bártolo Calçada	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Rui Manuel Carvalho Marques de Faria	Doutor	Engenharia Civil - Estruturas	100	Ficha submetida
Rui Manuel Menezes Carneiro de Barros	Doutor	Engenharia Civil - Estruturas	100	Ficha submetida
Sandra Conceição Barbosa Nunes	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Xavier das Neves Romão	Doutor	Engenharia Civil - Estruturas	100	Ficha submetida
(34 Items)			3125	

<sem resposta>

4.2. Dados percentuais dos recursos docentes do ciclo de estudos

4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos / Full time teaching staff

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	31	

4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	31.3	

4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):	31.3	
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE):	0	

4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years:	30	
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE):	0	

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente atualização:

O artigo 74º-A do Estatuto da Carreira Docente Universitária, Decreto-Lei nº 205/2009, de 31 de agosto, determina que os docentes estão sujeitos a um regime de avaliação do desempenho constante de regulamento a aprovar por cada instituição de ensino superior.

A FEUP (Regulamento nº 5096/2012, publicado no Diário da República 2ª série nº 73/2012 de 12 de abril) tem implementado um sistema de avaliação dos seus docentes, que será necessariamente aplicado aos docentes envolvidos na lecionação do presente ciclo de estudos. O sistema de avaliação contempla as vertentes da investigação, da docência, da transferência e valorização do conhecimento e da gestão universitária, que são expressamente valorizadas.

Complementarmente, na FEUP está implementado um procedimento para avaliação do processo ensino-aprendizagem, através da realização de inquéritos pedagógicos que se efetuam no final de cada semestre letivo, e nos quais os estudantes respondem a questões sobre o ciclo de estudos, sobre as UCs frequentadas e sobre o desempenho pedagógico dos correspondentes docentes. Devidamente analisados pelo Diretor do ciclo de estudos, os resultados destes inquéritos pedagógicos permitem controlar e avaliar a qualidade do serviço docente prestado, bem como identificar e implementar ações de melhoria da qualidade do ensino das diferentes UCs.

Anualmente são ainda identificadas as necessidades de formação dos recursos humanos da UP, sendo disponibilizadas ações para atualização do pessoal docente, nomeadamente nos seguintes domínios: Formação de Professores / Formadores e Ciências da Educação, Biblioteconomia, Ciências Informáticas. Os docentes são ainda

incentivados a submeter trabalhos de investigação em eventos internacionais e nacionais de carácter científico, promovendo a sua permanente atualização através da participação em conferências, jornadas e workshops.

4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

Article 74-A of the Statute of the University Teaching Career, Decree-Law no. 205/2009, of 31st August, determines that teachers are subject to a performance evaluation system set out in the regulation approved by each higher education institution.

FEUP has implemented a teacher's evaluation system (Regulation no. 5096/2012 published in the Portuguese Official Gazette - Series II, No. 73/2012, of 12th April), which will necessarily apply to the faculty members involved in this cycle of studies. The evaluation system encompasses and expressly values the following areas: research, teaching, knowledge transfer and valuing, and university management.

In addition, FEUP has implemented a procedure to evaluate the teaching/learning process by means of educational surveys that are conducted at the end of each academic semester. In these surveys, students answer questions about the cycle of studies, the curricular units they have attended, and the pedagogical performance of their teachers. After being duly analysed by the Director of the Cycle of Studies, the results of these educational surveys allow the monitoring and assessment of the quality of the teaching service provided, as well as the identification and deployment of improvement actions regarding the quality of teaching in the various CUs.

On an annual basis, U.Porto assesses the training needs of its human resources, and refresher courses are made available to the teaching staff, namely in the following areas: Training of Teachers/Trainers and Educational Sciences; Biblioteconomy, Computer Sciences. Teachers are also encouraged to submit research papers in national and international scientific events, thus promoting their continuous update through the participation in conferences, congresses and workshops.

5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

5.1. Pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos:

As UCs da área científica CONSTC-EC do MEEC serão apoiadas por um corpo bastante significativo de funcionários não docentes (secretariado), que suporta igualmente os demais ciclos de estudos da responsabilidade do DEC da FEUP.

Os serviços académicos da UP e da FEUP, assessorados pelo DEC, darão o apoio administrativo necessário para o bom funcionamento do ciclo de estudos, garantindo todas as atividades no âmbito da administração e gestão do MEEC, bem como nas áreas de acesso, certificação e gestão do percurso dos estudantes, de acordo com as instruções tutelares e as diretivas dos Órgãos de Gestão.

São também de mencionar os técnicos dos laboratórios das áreas das Estruturas, da Geotecnia e dos Materiais, que darão apoio na componente experimental sempre que esta seja requerida no âmbito das UCs do MEEC.

5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:

The curricular units in the CONSTC-EC scientific area of MEEC will be supported by a considerable number of non-academic staff (secretariat), which also give support to the remaining cycles of studies DEC – FEUP is responsible for. The academic services of U.Porto and FEUP, assisted by DEC, will provide the administrative support needed for the sound operation of the cycle of studies, ensuring all the administration and management activities of MEEC, as well as the areas of access, certification and management of the students' path, in accordance with the tutelary instructions and the directives of the Management bodies.

Also, the laboratory technicians in the fields of Structures, Geotechnics, and Materials will give support in the experimental component whenever this is required within MEEC's curricular units.

5.2. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

A componente letiva do MEEC decorrerá na FEUP, que dispõe de ótimas instalações para as atividades letivas, incluindo salas de aulas equipadas com equipamentos audiovisuais.

O DEC dispõe ainda da maior infraestrutura laboratorial a nível das escolas nacionais de ensino superior, com uma área superior a 3500m², dotada de equipamentos de valor superior a 5MEur. Estes equipamentos permitem a realização da generalidade dos ensaios de caracterização de materiais estruturais e geotécnicos, bem como a condução de ensaios de elementos estruturais de grande dimensão, que possibilitarão o apoio às dissertações de índole experimental.

A FEUP dispõe ainda de uma excelente biblioteca, apta a disponibilizar aos estudantes do MEEC bibliografia em suporte físico e/ou digital.

A FEUP disponibiliza igualmente um considerável número de salas de estudo com equipamentos informáticos, que poderão ser usadas pelos estudantes em trabalhos de grupo ou individuais, na proximidade da equipa docente do MEEC.

5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):

MEEC's teaching component will take place at FEUP, which has great facilities for school activities, including classrooms with audio-visual equipment.

DEC also has the largest laboratory infrastructure among national higher education institutions, with an area over 3,500 m², and equipment of a value exceeding EUR 5M. This equipment allows to conduct most tests for the characterisation

of structural and geotechnical materials, as well as tests on large structural elements, which will allow to support dissertations of experimental nature.

FEUP also has an excellent library that can make bibliography available on paper and in digital form to MEEC's students. Furthermore, FEUP provides a considerable number of study rooms with computer equipment that can be used by students for individual and group work, close to MEEC's teaching staff.

5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs):

Para o MEEC estão disponíveis os seguintes equipamentos e recursos:

- Computadores e impressoras, que equipam as salas de aula e de estudo, ou estão distribuídos em locais facilmente acessíveis;

- Meios de projeção audiovisual, que equipam as salas de aula;

- Instalações dos Laboratórios de Estruturas, de Geotecnia e de Materiais de Construção, dotados dos equipamentos necessários à realização de diferentes ensaios. Entre estes equipamentos mencionam-se os seguintes: prensas e atuadores hidráulicos, centrais hidráulicas, pórticos de reação, câmaras climáticas e de cura, câmaras triaxiais para ensaios de solos em condições saturadas e não saturadas, dispositivos para caracterização de fluência em provetes de betão e em geossintéticos, etc..

O DEC da FEUP dispõe ainda de um número significativo de licenças de programas para modelação numérica (Robot, SAP, DIANA, Plaxis, FB-Pier, Geo-Slope, Package RocScience, Code-Bright e Midas), bem como de Autocad.

5.3. Indication of the main equipment and materials allocated to and/or used by the study programme (didactic and scientific equipments, materials and ICTs):

MEEC has the following equipment and resources available:

- Computers and printers in the classrooms and study rooms, or distributed in easily accessible places;

- Audio-visual equipment in the classrooms;

- Facilities in the laboratories of Structures, Geotechnics and Construction Materials, with all the equipment necessary for carrying out various tests. From this, we point out the following equipment: presses and hydraulic actuators, hydraulic power plants, reaction frames, climatic and curing chambers, triaxial chambers for soil testing in saturated and unsaturated conditions, devices for creep characterisation in concrete specimens and in geosynthetics, etc..

The Department of Civil Engineering (DEC) of FEUP also has a significant number of licenses for the use of numerical modelling software (Robot, SAP, DIANA, Plaxis, FB-Pier, Geo-Slope, Package RocScience, Code-Bright, and Midas), as well as Autocad.

6. Atividades de formação e investigação

Mapa VI - 6.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a su. Atividade científica

6.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research Centre(s) in the area of the study programme, where the teachers develop their scientific activities

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	Observações / Observations
CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções / CONSTRUCT - Institute of R&D in Structures and Construction	Excecional / Exceptional	Universidade do Porto	Unidade de Investigação com a melhor classificação a nível nacional na área das engenharias / Best ranked Research Unit at national level in all engineering domains

Perguntas 6.2 e 6.3

6.2. Mapa resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares, nos últimos cinco anos (referenciação em formato APA):

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/be520f2f-af1d-aa39-2eea-57e3ff954ae6>

6.3. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram a. Atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos:

1. "Avaliação da Segurança e Reforço de Paredes de Alvenaria de Enchimento para Solicitações Sísmicas". Projeto PTDC/ECM-EST/3790/2014 financiado pela FCT, 2016/2019

2. "SeLCo - Comportamento em Serviço de Estruturas de Betão: Uma Abordagem Multi-Física das Tensões Auto-Induzidas". Projeto PTDC/ECM/099250/2008 financiado pela FCT, 2010/2013

3. "Adições Provenientes de Resíduos para Betão Estrutural Sustentável". Projeto PTDC/ECM/098117/2008 financiado pela FCT, 2010/2013

4. "LIQUEFACT - Assessment and Mitigation of Liquefaction Potential Across Europe: A Holistic Approach to Protect Structures / Infrastructures for Improved Resilience to Earthquake-Induced Liquefaction Disasters". Projeto H2020-DRS-2015, Programa H2020 - Societal Challenges - Secure Societies (Comissão Europeia), 2016/2019

5. "RCD-VALOR - Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Estruturas Reforçadas com Geossintéticos". Projeto PTDC/ECM-GEO/0622/2012 financiado pela FCT e COMPETE, 2013/2015

6.3. List of the main projects and/or national and international partnerships, integrating the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme:

1. "Avaliação da Segurança e Reforço de Paredes de Alvenaria de Enchimento para Solicitações Sísmicas". Project PTDC/ECM-EST/3790/2014 funded by FCT, 2016/2019
2. "SeLCo - Comportamento em Serviço de Estruturas de Betão: Uma Abordagem Multi-Física das Tensões Auto-Induzidas". Project PTDC/ECM/099250/2008 funded by FCT, 2010/2013
3. "Adições Provenientes de Resíduos para Betão Estrutural Sustentável". Project PTDC/ECM/098117/2008 funded by FCT, 2010/2013
4. "LIQUEFACT - Assessment and Mitigation of Liquefaction Potential Across Europe: A Holistic Approach to Protect Structures / Infrastructures for Improved Resilience to Earthquake-Induced Liquefaction Disasters". Project H2020-DRS-2015, H2020 Programme - Societal Challenges - Secure Societies (European Commission), 2016/2019
5. "RCD-VALOR - Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Estruturas Reforçadas com Geossintéticos". Project PTDC/ECM-GEO/0622/2012 funded by FCT and COMPETE, 2013/2015

7. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

7.1. Descreva esta. Atividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:

Os docentes do MEEC têm desenvolvido intensa atividade de ID&I, destacando-se:

- *Protocolos com a Tutela da Cultura (DGEMN/IPPAR/IGESPAR/DRCN), ao abrigo dos quais foram inspecionados mais de 300 monumentos*
 - *Análise Sísmica da Estação Terreiro do Paço do Metropolitano de Lisboa*
 - *Reforço do Túnel do Terreiro do Paço do Metropolitano de Lisboa*
 - *Desenvolvimento de Ensaios Dinâmicos e de Programas de Monitorização Contínua e de Controlo de Vibrações em Pontes Rodoviárias, Ferroviárias e Pedonais, Coberturas Suspensas de Estádios, Torres Eólicas e Barragens de Betão, por contrato com Projetistas, Consórcios Construtores e Donos de Obra*
 - *Assessoria no Tribunal de Castelo de Paiva, no âmbito do acidente da queda da Ponte de Entre-os-Rios*
- A equipa docente do MEEC tem vasta experiência de lecionação de formação avançada, tanto no programa doutoral PRODEC como em cursos de especialização dirigidos a Engenheiros Civis.*

7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:

MEEC teachers have developed an intense RDI activity, with highlight to:

- *Protocols with the Ministry of Culture (DGEMN/IPPAR/IGESPAR/DRCN) under which over 300 monuments were inspected;*
 - *Seismic analysis of the Terreiro do Paço metro station in Lisbon;*
 - *Reinforcement of the Terreiro do Paço metro tunnel in Lisbon;*
 - *Development of dynamic tests and of continuous monitoring programmes and vibration control in road, rail and pedestrian bridges, stadium suspended roofs, wind towers and concrete dams, by way of contracts with project designers, construction consortiums and owners;*
 - *Technical advice in the Castelo de Paiva Court, regarding the event when the bridge at Entre-os-Rios collapsed.*
- MEEC faculty members have a vast educational experience in advanced training, both in the PRODEC doctoral programme and in specialisation courses for civil engineers.*

8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclos de estudos similares com base nos dados do Ministério que tutela o emprego:

Para o presente ciclo de estudos (oferta de 2º ciclo) não há disponíveis dados da DGES para avaliação da empregabilidade expectável.

No entanto, informação do Centro de Emprego referente à Engenharia Civil indica que o nível de desemprego dos diplomados da UP no período 2009-13 (definido como a relação entre os diplomados inscritos no centro de emprego e os diplomados) foi de 8,1%, situando-se este valor abaixo da média nacional entre os diplomados.

Atendendo também a que o MEEC tem uma forte vocação internacional, e que o presente ciclo de estudos oferece uma formação avançada que pretende dar resposta a uma carência de especialização sentida por candidatos diplomados, considera-se que será elevada a empregabilidade prevista para os graduados que concluíam o MEEC, particularmente nos países de onde provenham os candidatos estrangeiros.

8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry responsible for employment data:

For this cycle of studies (2nd-cycle offer) there are no data available from DGES (Directorate-General of Higher Education) that allow the assessment of the anticipated employability.

However, information from the employment centre regarding Civil Engineering shows that the unemployment level of U.Porto graduates in the period from 2009 to 2013 (set as a ratio between graduates registered in the employment centre and the number of graduates) was 8.1%, which is below the national average for graduates. Taking also into account the fact that MEEC has a strong international vocation, and that this cycle of studies offers advanced training aiming to fill a specialisation gap felt by graduates, the anticipated employability for those who complete MEEC is considered to be high, particularly in the countries of origin of foreign applicants.

8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

Em 2015-16 a FEUP foi a única escola de ensino superior nacional a preencher integralmente, e na 1ª fase, o numerus clausus do MIEC. Este facto, aliado ao facto de na UP ser lecionado o curso de Engenharia Civil mais prestigiado a nível nacional (segundo o ranking QS), torna a oferta formativa do DEC da FEUP muito atrativa para candidatos nacionais. Além disso, a componente letiva e a dissertação do MEEC proporcionam uma formação de 2º ciclo que, no respetivo domínio de especialidade, é escassa a nível nacional e nos países de língua oficial portuguesa. Será assim expectável que o MEEC atraia um número de candidatos superior ao próprio numerus clausus fixado para este ciclo de estudos. Em reforço desta convicção é de citar o número de candidaturas que em 2016 se apresentaram a concurso para frequência de formação em Engenharia Civil na UP através de programas ERAMUS+ ou similares, que superaram em cerca de 6 vezes o número de vagas fixado para 2016-17.

8.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

In 2015/2016, FEUP was the only higher education school at national level to fill, in the very 1st phase, all the places available for the Master in Civil Engineering (MIEC). This, combined with the fact that U.Porto has the most prestigious Civil Engineering cycle of studies at a national level (according to the QS Ranking), makes the educational offer of DEC - FEUP highly attractive for national applicants.

In addition, the coursework component and the dissertation of MEEC offer a 2nd-cycle education that is scarce in this field of expertise, both in Portugal and in Portuguese-speaking countries. MEEC is therefore expected to attract more applicants than the number of places available for this cycle of studies. This conviction is also supported by the number of applications that were registered to attend education in Civil Engineering at U.Porto in 2016 through ERAMUS+ or similar programmes, and which were about 6 times the number of places available for 2016/2017.

8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

Nesta fase não existe qualquer parceria com instituições da Região Norte que lecionem ciclos de estudos similares ao MEEC. Assinala-se, porém, que recentemente a Universidade do Minho (UM) lançou o STREMUM - Mestrado em Engenharia Estrutural (<http://www.stremum.uminho.pt>).

8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

At this stage there are no partnerships established with northern region institutions that have cycles of studies similar to MEEC. However, it should be noted that the University of Minho (UM) has recently launched the STREMUM Programme, a master in structural engineering (<http://www.stremum.uminho.pt>).

9. Fundamentação do número de créditos ECTS do ciclo de estudos

9.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março:

O número total de ECTS do MEEC é 120, cumprindo o Decreto-Lei n.º 74/2006 de 24 de março, na redação dada pelo Decreto-Lei n.º 63/2016, de 13 de setembro, para adequação dos ciclos de estudos aos princípios do Processo de Bolonha, nomeadamente os requisitos definidos no artigo 18º para ciclos de estudos conducentes ao grau de Mestre. O MEEC foi estabelecido com uma duração de 4 semestres, constituindo-se assim como uma oferta de formação atrativa para candidatos oriundos de países onde não esteja instituído o Processo de Bolonha, para os quais não são interessantes formações pós-graduadas de duração inferior a 2 anos letivos.

A componente letiva, com 90 ECTS, assegura um elevado aprofundamento de conhecimentos em Estruturas e Geotecnia, áreas temáticas do MEEC. A dissertação foi definida por forma a corresponder a 30 ECTS, permitindo realizar no 4º semestre trabalhos de qualidade equivalente à das dissertações que se desenvolvem no Mestrado Integrado em Engenharia Civil da FEUP.

9.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decreto-Lei no. 74/2006, March 24th:

MEEC has 120 ECTS in total, thus complying with Decree-Law No. 74/2006 of 24th March, as amended by Decree-Law No. 63/2016 of 13th September, for the adaptation of the cycles of studies in accordance with the Bologna Process, namely regarding the requirements stated in Article 18 for cycles of studies leading to a master's degree.

MEEC was created with a duration of 4 semesters, thus constituting an attractive educational offer for applicants from countries where the Bologna Process has not been implemented, since these applicants are not interested in post-graduate education with a duration under 2 academic years.

The coursework component, with 90 ECTS, ensures a great deepening of knowledge in Structures and Geotechnics, which are the thematic areas of MEEC. The dissertation was defined in order to correspond to 30 ECTS, allowing students to carry out, in the 4th semester, assignments of a quality equivalent to the dissertations developed in the Master in Civil Engineering of FEUP.

9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:

Com exceção da dissertação, que corresponde a 30 ECTS, na definição do esforço requerido aos estudantes para realização das UCs da parte letiva do MEEC procurou-se que aquele fosse aproximadamente uniforme, e correspondente a um número de ECTS igual a 6. O planeamento de cada UC foi conduzido tendo em conta este objetivo, harmonizando os seguintes aspetos:

- *A definição dos conteúdos programáticos e objetivos da UC;*
 - *A previsão do total de horas necessárias para a transmissão de conhecimentos e acompanhamento de trabalhos práticos por parte do docente (horas de contacto);*
 - *A previsão do total de horas de trabalho adicionais necessárias para completar o estudo e aplicar os conhecimentos.*
- O cálculo do número de ECTS está de acordo com o regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos Curriculares aos Cursos Conferentes de Grau da UP, que indica que 1 ECTS equivale a 27 horas de trabalho total (soma das horas de contacto com as de trabalho individual).*

9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:

Except for the dissertation, which corresponds to 30 ECTS, when defining the effort required for students to complete the CUs of the coursework component of MEEC, the objective was for it to be fairly uniform and to correspond to an equal number of 6 ECTS. Planning of the CUs was conducted with this end in view, harmonising the following aspects:

- *Definition of the syllabus and objectives of the CU;*
- *Forecast of the number of hours necessary for transfer of knowledge and monitoring of practical assignments by the teacher (contact hours);*
- *Forecast of the total number of additional hours of work necessary for students to complete the study and apply their knowledge.*

The calculation of the number of ECTS is in accordance with the Regulation on the Application of the Curricular Credit System to Degree Cycles of Studies of U.Porto, which states that 1 ECTS is equivalent to 27 total hours of work (sum of the contact hours plus individual work hours).

9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

A definição dos ECTS atribuídos a cada UC foi realizada com o envolvimento e participação de todo o corpo docente que colabora no MEEC, o qual foi sendo devidamente informado e auscultado durante todo o processo de elaboração da presente proposta formativa. Por forma a tornar mais operacional este processo de intercâmbio de informação, a Comissão Científica do MEEC reuniu com os responsáveis das áreas pedagógico-científicas de Estruturas, Geotecnia e Materiais, os quais promoveram igualmente reuniões setoriais com os correspondentes docentes. Desta forma foi efetuada a recolha das opiniões e pedidos de esclarecimento de todos os docentes envolvidos no presente ciclo de estudos, o que permitiu harmonizar e uniformizar o trabalho efetivo a exigir dos estudantes em cada UC, e alcançar o adequado equilíbrio de matérias a lecionar, tendo presente que são atribuídos os mesmos ECTS a todas as UCs da parte letiva.

9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

The definition of the number of ECTS allocated to each CU was done with the involvement and participation of the faculty members that collaborate in MEEC and which were informed and heard throughout the whole process of drafting of this educational proposal. In order to render this information exchange process more operational, MEEC Scientific Committee has held meetings with the heads of the pedagogic and scientific fields of Structures, Geotechnics and Materials, who in turn held sector meetings with the corresponding teachers. This way, the opinions and clarification requests from all the teachers involved in this cycle of studies were collected, which allowed for the harmonisation and standardisation of the work demanded from students in each CU, and to achieve an appropriate balance among the subjects to be taught, keeping in mind that the same number of ECTS has been allocated to all the CUs in the coursework component.

10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu**10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:**

Entre as escolas europeias mais reconhecidas foram procurados mestrados com estrutura/oferta formativa semelhantes à do MEEC, assinalando-se os seguintes:

- *Imperial College of London (Reino Unido) – Duração 1 ano*
<http://www.imperial.ac.uk/civil-engineering/prospective-students/postgraduate-taught-admissions/advanced-structural-engineering-cluster/msc-general-structures/>
- *Technical University of Delft (Holanda) – Duração 2 anos*
<http://www.tudelft.nl/en/study/master-of-science/master-programmes/civil-engineering/msc-programme/tracks/structural-engineering/>
- *Universidade Politécnica da Catalunha (Espanha) – Duração 1,5 anos*
<https://www.upc.edu/learning/courses/masters-degrees/structural-and-construction-engineering>
- *ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology) – Duração 2 anos*
<https://www.ethz.ch/en/studies/prospective-masters-degree-students/masters-degree-programmes/masters-degree-programmes-architecture-and-civil-engineering/master-civile-engineering.html>

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions of the European Higher Education Area:

Among Europe's most highly recognised schools, a search was made for masters that have a structure/educational offer that is similar to MEEC, from which we highlight the following:

-Imperial College of London (United Kingdom)–1 year duration

<http://www.imperial.ac.uk/civil-engineering/prospective-students/postgraduate-taught-admissions/advanced-structural-engineering-cluster/msc-general-structures/>

-Technical University of Delft(Netherlands)–2years duration

<http://www.tudelft.nl/en/study/master-of-science/master-programmes/civil-engineering/msc-programme/tracks/structural-engineering/>

-Universitat Politècnica de Catalunya(Spain)–1.5 years duration

<https://www.upc.edu/learning/courses/masters-degrees/structural-and-construction-engineering>

-ETH Zurich(Swiss Federal Institute of Technology)–2 years duration

<https://www.ethz.ch/en/studies/prospective-masters-degree-students/masters-degree-programmes/masters-degree-programmes-architecture-and-civil-engineering/master-civile-engineering.html>

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

Algumas das escolas identificadas disponibilizam mestrados com duração de apenas 1 ano, o que se considera desajustado face à formação especializada em Estruturas de Engenharia Civil que o MEEC visa proporcionar.

De forma a poderem comparar-se os programas dos mestrados oferecidos pelas escolas europeias identificadas, apresentam-se os objetivos definidos para cada deles:

- IMPERIAL COLLEGE OF LONDON: O ciclo de estudos pretende fornecer aos estudantes uma base sólida de conhecimentos tecnológicos nas áreas chave da engenharia de estruturas, de aço e betão armado, dando formação em técnicas analíticas e numéricas avançadas. O curso é dirigido para engenheiros com experiência e recém-formados com uma licenciatura enquadrada na área da Engenharia Civil.

- TECHNICAL UNIVERSITY OF DELFT: O mestrado desta escola prepara os estudantes para formular e utilizar modelos que permitam simular o comportamento das estruturas, dos materiais estruturais e das solicitações a que estão sujeitas. Os estudantes aprendem métodos de simulação computacional do comportamento estrutural para verificação das especificações do projeto. Aprendem ainda a aplicar formulações e cálculos manuais simples, que lhes permitam verificar os resultados das análises mais complexas, servindo de apoio à tomada de decisões nas várias fases do projeto.

- UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DA CATALUNHA: O mestrado desta escola oferece uma formação nos domínios da engenharia estrutural e da construção. Os estudantes recebem formação em temas como análise dos mecanismos de resistência das estruturas, materiais e processos de construção, tecnologia e durabilidade de materiais estruturais, processos de construção e métodos de organização e gestão de projetos de construção de estruturas, impacto ambiental e socioeconómico das construções, segurança, qualidade e sustentabilidade.

- ETH ZURICH: O mestrado da ETH visa o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos na licenciatura. Os estudantes escolhem 2 das 6 possíveis áreas de especialização, dispondo de uma gama alargada de UCs, podendo selecionar as que mais se adaptam aos seus interesses de formação. Deverão complementar a sua aprendizagem com um projeto e relatórios de seminário, os quais fomentam o desenvolvimento de métodos de trabalho no âmbito das atividades da Engenharia Civil, e reforcem a capacidade para o trabalho científico.

No que se refere às competências adquiridas pelos estudantes, o MEEC é comparável aos mestrados de referência atrás apresentados. Considera-se ainda que no final do ciclo de estudos os estudantes do MEEC estarão em condições de igualdade, comparativamente aos das escolas referenciadas, para entrar no mercado de trabalho ou prosseguir uma carreira de investigação. Finalmente refira-se que grande parte das competências profissionais identificadas pelos ciclos de estudos em instituições de referência no espaço europeu coincidem com UCs que são disponibilizadas pelo MEEC.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions of the European Higher Education Area:

Some of the schools identified offer masters with only 1-year duration, which is considered ill-adapted to the specialised education in Civil Engineering Structures that MEEC aims to provide.

In order to allow the comparison of the master programmes offered by these European schools, below are the objectives set for each one of them:

- IMPERIAL COLLEGE OF LONDON: The cycle of studies intends to provide students with a solid base of technological knowledge in the engineering key-areas of structures, steel and reinforced concrete, with training in advanced numerical and analytical techniques. The course is intended for experienced and newly graduated engineers with a bachelor's degree in the field of Civil Engineering.

- TECHNICAL UNIVERSITY OF DELFT: This school's master prepares students to formulate and use models that allow to simulate the behaviour of structures, structural material and loads they are subjected to. Students learn computer simulation methods for structural behaviour in order to check the project specifications. They also learn to apply simple manual formulations and calculations that allow them to check the results of more complex evaluations, supporting decision-making in the various stages of the project.

- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA: This school's master provides education in the fields of construction and structural engineering. Students receive training on topics such as analysis of the strength of structures, materials and construction processes, technology and durability of structural materials, construction processes and organisation and management methods for structures construction projects, environmental and socio-economic impact of constructions, safety, quality, and sustainability.

- ETH ZURICH: ETH's master aims to deepen the knowledge acquired during the bachelor's degree. Students have to

choose 2 out of 6 possible fields of expertise with a broad range of CUs. Students can select the CUs that best fit their educational interests. They must complete their learning path with a project and seminar reports, which foster the development of working methods within the Civil Engineering scope of activities, and reinforce their ability for research work.

Regarding the skills acquired by students, MEEC is comparable to the above-mentioned benchmark master degrees. It is furthermore considered that, at the end of the cycle of studies, MEEC's students will be on equal terms with the students from those schools for entering the labour market or pursuing a research career. Finally, it should be noted that most of the professional skills identified by the cycles of studies in benchmark institutions within Europe match the curricular units offered by MEEC.

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

Mapa IX. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes

11.4.1 Mapa IX. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB):

<sem resposta>

Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1) / Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
--	---	--	---

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

É identificado como ponto forte do MEEC o facto de ser lecionado pela equipa docente do DEC da FEUP, que está associada à formação em Engenharia Civil melhor qualificada a nível nacional pelo ranking QS. O MEEC conta com um corpo docente muito experiente e qualificado nas áreas das Estruturas, Geotecnia e Materiais, enquadrado na Unidade de Investigação CONSTRUCT, classificada como Excecional na última avaliação promovida pela FCT.

Assinala-se igualmente a elevada reputação nacional e internacional da UP e da FEUP, tanto a nível pedagógico como em termos de investigação e de transferência de conhecimento, fator positivo para a captação de estudantes para o MEEC.

É também de salientar a elevada qualidade das infraestruturas físicas para leção do MEEC, quer em termos de salas de aulas e de estudo, quer de espaços laboratoriais e da biblioteca. A qualidade do apoio administrativo e de pessoal de laboratório facultado pela FEUP e pelo DEC é também de referenciar como um aspeto positivo.

12.1. Strengths:

One of the strengths identified in MEEC is the fact that it is taught by faculty members of DEC - FEUP, which are associated to the best national education in Civil Engineering according to the QS Ranking. MEEC has highly experienced faculty members that are qualified in the fields of Structures, Geotechnics and Materials, within the CONSTRUCT Research Unit, which was rated as Exceptional in the last assessment carried out by FCT (Foundation for Science and Technology).

We must note U.Porto and FEUP's enviable national and international reputation, both at a pedagogical level and in terms of research and knowledge transfer. These are positive factors to attract students into MEEC.

We must also point out the high quality of the physical infrastructures for teaching at MEEC in what regards class- and study rooms, laboratory spaces and the library. The quality of the administrative support staff and laboratory staff provided by FEUP and DEC must also be mentioned as a strength.

12.2. Pontos fracos:

A elevada especialização da formação que o MEEC pretende assegurar requer que os candidatos disponham de uma sólida formação de base na área Estrutural e Geotécnica, o que poderá ser um obstáculo para candidatos com formações de 1º ciclo que não assegurem com uma robustez adequada estas competências.

Por outro lado, para alguns candidatos nacionais que disponham de uma licenciatura pré-Bolonha, a oferta formativa do MEEC, com duração de 2 anos, poderá ser considerada longa, não sendo também facilmente conjugável com uma atividade profissional paralela, uma vez que decorrerá em período diurno.

Um outro ponto fraco prende-se com a possibilidade de os candidatos poderem possuir formações de base bastante distintas, o que pode dificultar a leção eficiente de algumas matérias.

12.2. Weaknesses:

The high degree of specialisation MEEC intends to ensure entails a solid educational background in the fields of Structures and Geotechnics. This may pose an obstacle for applicants whose 1st-degree education does not sufficiently ensure these skills.

On the other hand, for some national applicants who have a pre-Bologna Bachelor's degree (Licenciatura), MEEC's 2-year educational offer may be considered long taking into account that it would not be easy to combine it with a concurrent professional activity, since it will operate on daytime.

Another weakness has to do with the possibility of applicants having significantly different educational backgrounds, which can make it difficult to effectively teach some subjects.

12.3. Oportunidades:

A carência de formação avançada em Estruturas de Engenharia Civil a nível do país representa uma oportunidade, particularmente, como é o caso do MEEC, quando a oferta letiva nas áreas das Estruturas, da Geotecnia e dos Materiais é diversificada.

A nível da conceção e projeto de Estruturas a oferta dos atuais Mestrados Integrados é de aprofundamento limitado, uma vez que a formação em Engenharia Civil vai requerer outras áreas de conhecimento, as quais competem com a especialização em Estruturas que muitos técnicos pretendem adquirir. Neste sentido o MEEC proporciona uma formação especializada no âmbito das Estruturas que se afigura atrativa.

Adicionalmente, nos PALOP e na América Latina a oferta de mestrados similares ao MEEC é reduzida, sendo que a obtenção do grau de mestre com um ciclo de estudos de 4 semestres constitui uma valorização académica relevante, o que representa uma oportunidade de captação de estudantes.

12.3. Opportunities:

The lack of advanced education in Civil Engineering Structures at a national level represents an opportunity, in particular when there is a diversified teaching offer in the fields of Structures, Geotechnics and Materials, as is the case with MEEC.

At the level of Structures design and project, the offer of the existing Integrated Master degrees shows limited deepening of knowledge, since education in Civil Engineering requires other knowledge areas which rival with the specialisation in Structures that many technicians intend to acquire. In this regard, MEEC provides specialised education in Structures that is likely to be attractive.

Also, in PALOP (Portuguese-speaking African Countries) and in Latin America, the offer of master degrees similar to MEEC is scarce, and the fact that students can obtain the degree of Master with a 4-semester cycle of studies constitutes a relevant academic valuing, representing an opportunity to attract students.

12.4. Constrangimentos:

A percepção negativa da sociedade face à atividade económica ligada à fileira da construção representa um forte constrangimento a nível nacional para a captação de candidatos para frequência do MEEC. Também constitui um importante constrangimento o atual desinteresse dos jovens pelas engenharias em geral, como prova o acentuado decréscimo de estudantes inscritos em ciclos de estudos destas áreas. Adicionalmente, as empresas da fileira da construção civil apresentam genericamente uma situação económica débil, o que constitui um obstáculo à libertação de quadros para programas de formação avançada.

12.4. Threats:

The negative perception that society has regarding the economic activity of the construction sector represents a strong threat for attracting applicants to attend MEEC at national level. Another important threat is the current lack of interest young people have in the fields of engineering in general. Proof of this is the considerable decline in the number of students enrolled in cycles of studies in these fields. In addition, civil construction companies present, in general, a weak economic situation that poses an obstacle to allowing their employees to attend advanced education programmes.

12.5. CONCLUSÕES:

Pesem embora os pontos fracos e constrangimentos identificados, como seja a depressão económica que o setor da construção atualmente atravessa a nível nacional, criando uma imagem pública desfavorável que conduziu ao decréscimo da procura de cursos da área da Engenharia Civil, julga-se que a criação do Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, com forte especialização e orientado para a prática profissional, corresponde a uma necessidade real de técnicos nesta área.

Sobretudo em contexto internacional, tanto a nível europeu como em países da América Latina, existe carência de Engenheiros Cívicos com especialização nas áreas Estrutural e Geotécnica, o que permite ter a expectativa de que o MEEC será atrativo para um número considerável de candidatos.

Para além disso o prestígio da UP e da FEUP, bem como a reconhecida qualificação profissional e científica do corpo docente do MEEC, com forte ligação à indústria e à atividade de consultoria, enquadrado numa Unidade de Investigação de excelência, permitem perspetivar o interesse por esta oferta formativa de 2º ciclo. Acrescem ainda como fatores valorativos do MEEC o facto de este ciclo de estudos se vir a desenrolar nas modernas instalações da FEUP, bem dotadas de salas, meios computacionais, espaços laboratoriais e biblioteca, e com o apoio de um bom secretariado. Além disso a UP e a FEUP têm mostrado uma enorme capacidade de atração de estudantes dos países lusófonos interessados na Engenharia Civil, com particular destaque para o Brasil, o que é igualmente um aspeto positivo a realçar.

É ainda importante assinalar que o relativamente baixo custo de vida em Portugal, bem como das propinas associadas à frequência do MEEC, são fatores claramente positivos, que certamente pesarão na eventual escolha desta oferta formativa por parte de candidatos estrangeiros.

No contexto nacional, a estratégia de divulgação que tem vindo a ser desenvolvida pela FEUP, dando a conhecer o mundo da engenharia ao público alvo mais jovem, perspetiva-se que continue a ter um considerável sucesso no futuro, minorando o constrangimento relacionado com o desinteresse dos jovens pelas engenharias. Dessa estratégia podem destacar-se as seguintes iniciativas, que têm já um considerável historial de realizações anuais bem sucedidas: a Mostra UPorto, a Semana Profissão Engenheiro, a Universidade Júnior, as visitas de docentes da FEUP às escolas secundárias e as visitas de jovens estudantes do ensino secundário à FEUP (nomeadamente aos laboratórios). Estas iniciativas têm permitido divulgar a qualidade das infraestruturas da FEUP, bem como o espírito de corpo e de inclusão desta escola, e ainda o excelente relacionamento entre estudantes, docentes e funcionários. Como medida do sucesso destas iniciativas, assinala-se o facto de em 2015-16 a FEUP ter sido a única escola de ensino superior nacional a preencher integralmente, e na 1ª fase, o numerus clausus de todos os Mestrados Integrados, incluindo o de Engenharia Civil.

12.5. CONCLUSIONS:

Despite the weaknesses and threats that have been identified, such as the economic downturn that the construction sector is currently experiencing at a national level, with a negative public image that lead to a decrease in the demand for courses in the field of Civil Engineering, the creation of the Master in Civil Engineering Structures (MEEC), with its strong specialisation and oriented towards the professional practice, corresponds to a real need felt by the technicians in this field.

Especially in an international context, both in European and in Latin American countries, there is a lack of Civil Engineers specialised in the fields of Structures and Geotechnics, which allows us to expect MEEC to attract a considerable number of applicants.

Furthermore, the prestige of U.Porto and FEUP, as well as the recognised professional and scientific qualification of MEEC's faculty members, who have strong ties to the industry and to consulting activities, integrated in a premium Research Unit, make it possible to foresee the existing interest in this 2nd-cycle educational offer. Other value adding factors of MEEC are the fact that this cycle of studies will take place in the modern facilities of FEUP, which are well-equipped with rooms, computes, laboratory spaces and library and also has good secretarial support. In addition, U.Porto and FEUP have shown a huge capacity to attract students from Portuguese-speaking countries interested in Civil Engineering, with special emphasis for Brazil, which is also a positive aspect to highlight.

It is also important to point out that the cost of living in Portugal, as well as the tuition fees for attending MEEC, is relatively low. These are clearly positive factors that will certainly impact a possible choice of this educational offer by foreign applicants.

In the national context, the dissemination strategy FEUP has been implementing, by raising the awareness of young people regarding the world of engineering, is expected to continue to have a considerable success in the future. This helps minimise the threat posed by the lack of interest young people have in engineering. Of that strategy, we can highlight the following initiatives, which already have a noticeable history of successful annual editions: Mostra U.Porto, Semana Profissão Engenheiro, Universidade Júnior, visits of FEUP's teachers to high schools and visits of young secondary school students to FEUP (namely to the laboratories). These initiatives have allowed us to publicize the quality of FEUP's infrastructures, as well as the spirit of union and inclusion of this school and also the excellent relationship there is among students, teachers and non-academic staff. As a way of measuring the success of this initiatives, we must point out the fact that, in 2015/2016, FEUP was the only higher education school at national level to fill, in the very 1st phase, all the places available for all Integrated Masters, including the Master in Civil Engineering.