



DESENVOLVIMENTO VIRTUAL DE PRODUTO

Mestrado em Engenharia Mecânica

Elaborado e revisto por Paulo Flores e Hélder Puga | 2024



Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade do Minho
Campus de Azurém
4804-533 Guimarães
pflores@dem.uminho.pt
www.dem.uminho.pt
www.cmems.uminho.pt



Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade do Minho
Campus de Azurém
4804-533 Guimarães
puga@dem.uminho.pt
www.dem.uminho.pt
www.cmems.uminho.pt

T.01 – APRESENTAÇÃO DA UNIDADE CURRICULAR

- 1. Caracterização da Unidade Curricular**
- 2. Objetivos de Aprendizagem**
- 3. Conteúdos Programáticos**
- 4. Metodologias de Ensino**
- 5. Metodologias de Avaliação**
- 6. Calendarização das Atividades**
- 7. Bibliografia de Consulta**

1. Caracterização da Unidade Curricular

Informação Geral

Nome [Desenvolvimento Virtual de Produto](#)
Área Científica [Engenharia Mecânica](#)
Tipo de Ensino [Presencial](#)

Regime de Funcionamento [Semestral \(1º Ano, 2º Semestre\)](#)
Número de ECTS [5,0](#)

[Aulas](#)

Teóricas [15 horas](#)
Práticas Laboratoriais [45 horas](#)

Língua de Instrução [Portuguesa](#)
Conselho Pedagógico [Escola de Engenharia](#)

[Equipa docente](#)

[Paulo Flores \(Coordenador UC\)](#)
[Hélder Puga \(Coordenador PL\)](#)
[Luís Alves \(T\)](#)
[Inês Gomes \(PL\)](#)

[Observação](#)

Será feito o [registo e controlo de presenças](#) nas aulas

2. Objetivos de Aprendizagem

Objetivos Gerais

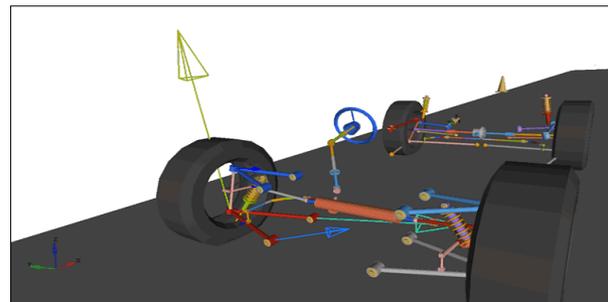
Os **objetivos centrais** desta unidade curricular podem ser elencados do seguinte modo:

- Sensibilizar os estudantes para a **importância crescente do desenvolvimento virtual de produto** no exercício de engenharia mecânica.
- Promover a compreensão das principais **abordagens e metodologias** associadas ao desenvolvimento virtual de produto,
- Desenvolver proficiência na utilização criteriosa de **técnicas avançadas de CAE** como ferramentas fundamentais no desenvolvimento virtual de produto,
- Habilitar os estudantes com competências em **dinâmica de sistemas multicorpo** no contexto do desenvolvimento virtual de produto,
- Conferir aos estudantes aptidões no domínio do **método dos elementos finitos** no apoio ao desenvolvimento virtual de produto,
- Dotar os estudantes de proficiência no uso de **técnicas de otimização** no âmbito do desenvolvimento virtual de produto,
- Demonstrar a importância e necessidade das **abordagens multifísica e multiescala** no desenvolvimento virtual de produto,
- Proporcionar a integração entre a **formação académica e a prática em ambiente real**.

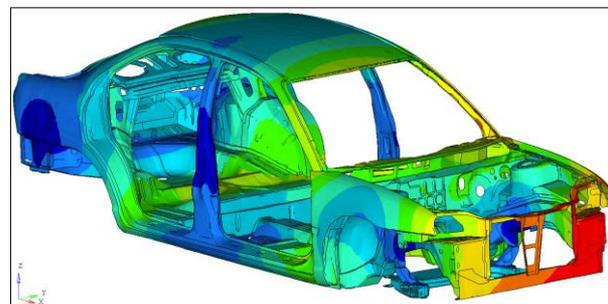
3. Conteúdos Programáticos

Programa Resumido

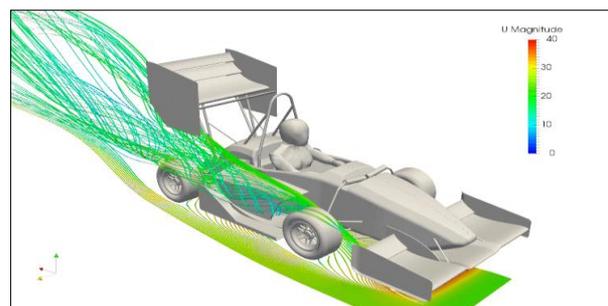
1. Desenvolvimento de Produto
2. Dinâmica de **Sistemas Multicorpo**
3. Cálculo Estrutural
4. Tensão de **von Mises**
5. Critérios de **Falha**
6. Método dos **Elementos Finitos**
7. Técnicas de Otimização Multidisciplinar
8. **Ferramentas de CAE**
9. Dinâmica de Fluidos Computacional
10. Casos de Estudo



Dinâmica de sistema multicorpo



Modelo de elementos finitos



Dinâmica de fluidos computacional

3. Conteúdos Programáticos

Programa Resumido

O desenvolvimento virtual de produto (DVP) assenta nas principais ferramentas CAE (acrónimo de *Computer Aided Engineering*), nomeadamente:

CAD (*Computer Aided Drawing/Design*)

CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

CFD (*Computation Fluid Dynamics*)

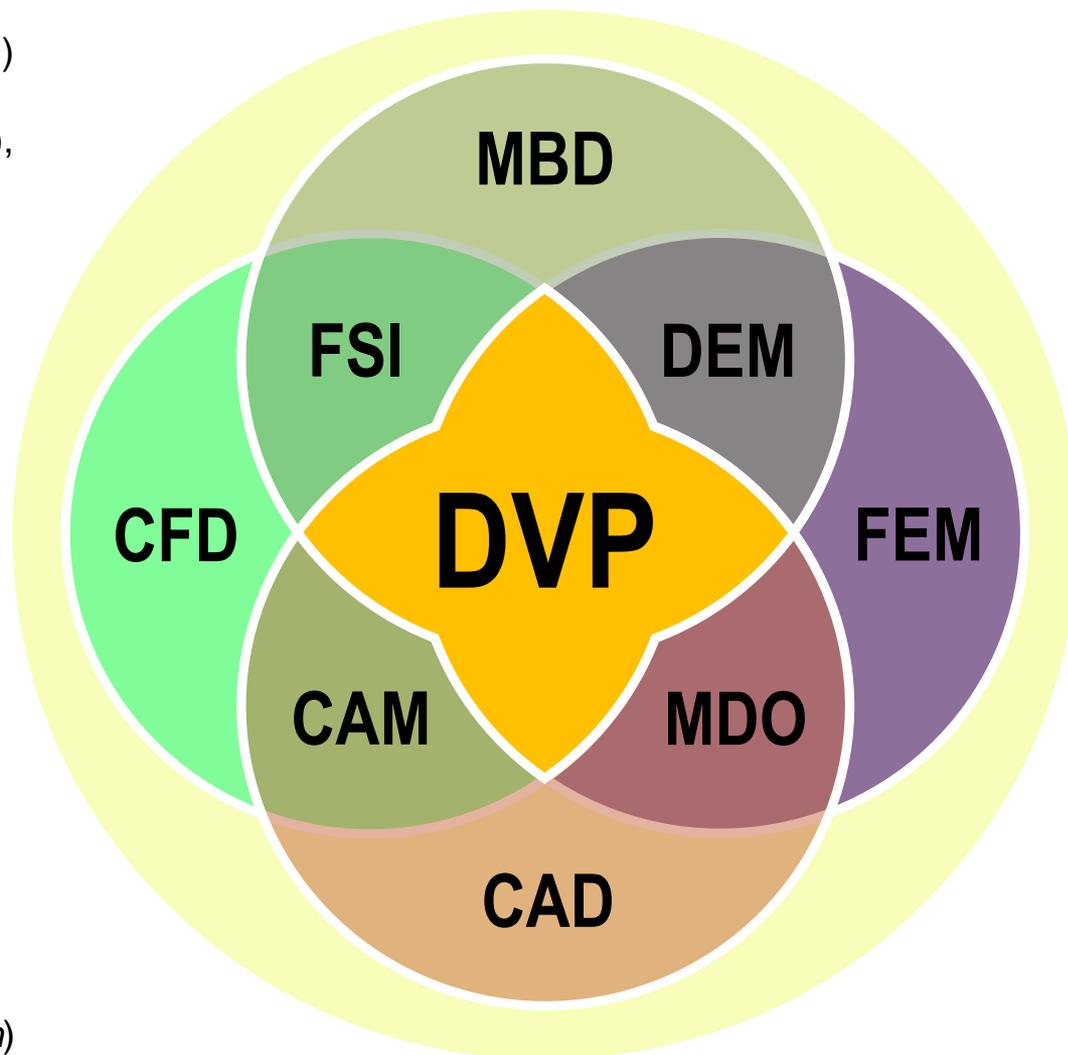
DEM (*Discrete Element Method*)

FEM (*Finite Element Method*)

FSI (*Fluid Solid Interaction*)

MBD (*Multi-Body Dynamics*)

MDO (*Multidisciplinary Design Optimization*)



4. Metodologias de Ensino

Estratégias Pedagógicas

Nesta unidade curricular, as aulas **teóricas** e **práticas laboratoriais** estão estruturadas para um **aprofundamento de quadros conceituais** e para a aquisição de competências ao nível do desenvolvimento virtual de produto.

Durante as aulas utiliza-se o **trabalho individual** e de **pequenos grupos**. Deste modo, as aulas constituem um espaço de aprendizagem, onde os estudantes, supervisionados pelo docente, procedem, por um lado à análise e discussão de conceitos teóricos fundamentais no desempenho e comportamento de sistemas mecânicos, e, por outro, desenvolvem competências de reflexão sobre casos de estudo no que diz respeito ao desenvolvimento virtual de produto, bem como de limitações das abordagens neles formuladas.

Nesta unidade curricular privilegia-se uma **metodologia mista de ensino-aprendizagem** considerando:

- A **exposição** de conteúdos teóricos,
- A **demonstração** de formulações,
- A **organização de seminários temáticos**,
- A realização de **trabalhos práticos em grupo**,
- A realização de **relatórios e apresentações**,
- Exposição e **discussão das soluções** desenvolvidas.

4. Metodologias de Ensino

Exercícios Práticos CAE

Nesta atividade pedagógica, de natureza coletiva, cada equipa de estudantes, constituída por **6 estudantes**, deve realizar um conjunto de **exercícios práticos CAE** no âmbito das seguintes áreas:

- Análise dinâmica de sistemas multicorpos (e.g. mecanismo biela-manivela),
- Comportamento de órgãos de máquinas (e.g. mola helicoidal de tração),
- Resposta estrutural de sistemas mecânicos (e.g. parafuso de potência),
- Aplicação de problemas termomecânicos (e.g. forqueta de bicicleta),
- Modelação de dinâmica de fluidos computacional (e.g. travão de disco).

No âmbito desta atividade, cada grupo de trabalho deverá:

- Realizar cada um dos exercícios práticos apresentados,
- Preparar um entregável por exercício (relatório de 5 páginas ou um vídeo de 5 minutos),
- Apresentar os modelos desenvolvidos e discutir os resultados obtidos (5 minutos por exercício).

Observações

- 50% de cada um dos entregáveis deve incidir sobre a análise e discussão de resultados.

4. Metodologias de Ensino

Trabalho Prático

Nesta atividade, de natureza coletiva, cada equipa de estudantes, constituída por **6 estudantes**, deve realizar um **trabalho prático** relativo ao desenvolvimento virtual de um produto empresarial/industrial. A cada grupo será apresentado um tema para o trabalho de prático, o qual deverá ser realizado de acordo com os princípios inerentes ao desenvolvimento virtual de produto, nomeadamente:

- Definição do problema,
- Avaliação de soluções existentes/análise de mercado,
- Desenvolvimento de possíveis soluções,
- Pré-processamento (modelação CAD/CAE),
- Processamento (análise MBD, FEM, CFD, etc.),
- Pós-processamento (aferição de resultados, análise de desempenho),
- Apresentação da solução final inovadora (formato póster).

Ainda no âmbito desta atividade, cada grupo de trabalho deve:

- Fazer uma apresentação e discussão intermédia,
- Elaborar um relatório intermédio (máximo de 6 páginas),
- Realizar uma apresentação e discussão final,
- Apresentar um relatório final (máximo de 12 páginas).

5. Metodologias de Avaliação

Avaliação e Classificação

Para efeitos de avaliação e classificação na unidade curricular [Desenvolvimento Virtual de Produto](#), é adotada a seguinte metodologia:

- Realização de [um teste](#) individual, com peso relativo de [40%](#) na classificação final.
- Realização de [exercícios](#) práticos em grupo, com peso relativo de [30%](#) na classificação final,
- Realização de [um trabalho](#) prático em grupo, com peso relativo de [30%](#) na classificação final.

O [testes individual](#) incidirá sobre os seguintes aspetos:

- Perguntas de desenvolvimento,
- Identificação de afirmações verdadeiras e falsas,
- Realização de exercícios teórico-práticos de aplicação,
- Demonstrações e deduções de conceitos teóricos fundamentais.

Observações

- A aprovação à unidade curricular pressupõe [classificação positiva \(i.e. 10,0 valores\)](#) em cada uma das componentes de avaliação.
- Durante a realização do teste, ou do exame final, os estudantes poderão [consultar quaisquer apontamentos fornecidos](#) no âmbito desta unidade curricular.

6. Calendarização das Atividades

Atividades Pedagógicas Previstas

Abaixo são apresentadas as principais **atividades pedagógicas** previstas para a unidade curricular.

Semana Aulas Teóricas

- 1 Apresentação. Desenvolvimento de Produto.
- 2 Dinâmica de sistemas multicorpo.
- 3 Formulação de Newton-Euler.
- 4 Cálculo estrutural de componentes.
- 5 Tensão de von Mises, critérios de falha.
- 6 Método dos elementos finitos.
- 7 Método dos elementos finitos.
- 8 Ferramentas CAE.
- 9 Ferramentas CAE.
- 10 Técnicas de otimização.
- 11 Dinâmica de fluidos computacional.
- 12 **Teste final (03/05/2024)**.
- 13 Casos de estudo.
- 14 **Jornadas DVP (24/05/2023)**.

Aulas Práticas Laboratoriais

- Análise dinâmica**. Apresentação dos projetos.
- Continuação da aula anterior.
- Continuação da aula anterior.
- Cálculo de órgãos de máquinas** & projetos.
- Continuação da aula anterior.
- Resposta estrutural**. Relatório e discussão.
- Continuação da aula anterior.
- Continuação da aula anterior.
- Aplicação termomecânica** & projetos.
- Continuação da aula anterior.
- Continuação da aula anterior.
- Dinâmica de Fluidos** & projetos.
- Continuação da aula anterior.
- Jornadas DVP**. Apresentação final.

7. Bibliografia de Consulta

Bibliografia Fundamental

As **principais fontes bibliográficas** de consulta desta unidade curricular são as seguintes:

- Bordegoni, M., Rizzi, C. (2011). *Innovation in Product Design: From CAD to Virtual Prototyping*. Springer-Verlag London.
- Campilho, R.D.S.G. (2012). *Método de Elementos Finitos - Ferramentas para Análise Estrutural*. Publindústria, Porto.
- Change, K.H. (2014) *Product Design Modeling using CAD/CAE. The Computer Aided Engineering Design Series*. Academic Press, New York.
- **Change, K.H. (2015) *e-Design - Computer-Aided Engineering Design*. Academic Press, New York.**
- Costa, A. (2016) *Projeto 3D em SolidWorks*. FDA - Editora de Informática, Lda.
- Fernandes, A.A. (2017) *Desenvolvimento de Novos Produtos e Serviços - Modelos e Estratégias para Inovar*. Lidel, Lisboa.
- **Marques, F., Flores, P. (2021) *Da Dinâmica de Sistemas Multicorpo*. Engebook, Porto.**
- **Ulrich, K.T., Eppinger, S.D., Yang, M.C. (2020) *Product Design and Development*. 7th ed., McGraw-Hill Education.**

Observação

- Serão fornecidos aos estudantes **elementos complementares** de apoio à unidade curricular.