

Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II

Unidade Curricular

<https://youtu.be/eRPwnXAOVXI>

1. Introdução



Na **Licenciatura em Engenharia Mecânica** da Universidade do Minho destacam-se as unidades curriculares denominadas **Projetos Integradores em Engenharia Mecânica**, que visam:

- ✓ Promover a aprendizagem **centrada no estudante**,
- ✓ Fomentar o **espírito de iniciativa** e a **criatividade**,
- ✓ Desenvolver **competências de comunicação**,
- ✓ Estimular o **pensamento crítico**.

1. Introdução



A unidade curricular (UC) **Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II** (PIEM II) é lecionada no 4^o semestre da LEM, tendo funcionado pela primeira vez no ano letivo 2022/23.

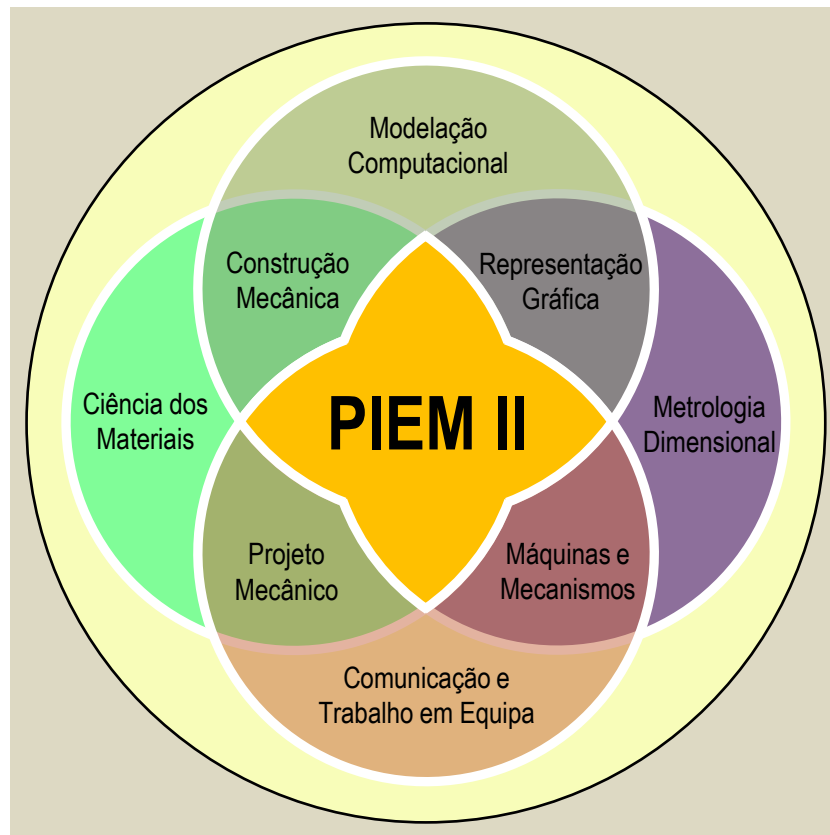
A operacionalização desta UC baseia-se na abordagem PBL (acrónimo de *Project-Based Learning*), em que se pretende que os estudantes desenvolvam **competências específicas e transversais**, tais como trabalho em grupo, apresentação em público, e defesa e discussão de resultados.

1. Introdução



O diagrama do lado mostra os principais domínios **científico-pedagógicos** que concorrem para a unidade curricular PIEM II.

Faz-se a **integração dos conteúdos** programáticos de outras UC relevantes.



1. Introdução

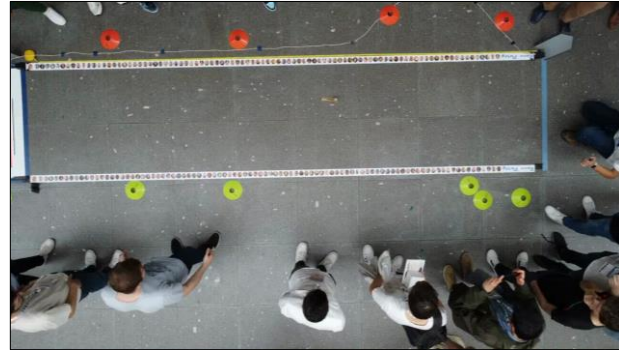


A UC Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II assenta na realização de **dois projetos** distintos, a saber:

- ✓ *Teardown* de dispositivo mecânico,
- ✓ Projeto **carro “só acelera”**.



Teardown de um oxímetro



Carro “Só Acelera”

1. Introdução



Com a realização dos projetos anteriormente referidos é expectável que os **estudantes sejam capazes de:**

- ✓ Especificar técnicas e processos de **fabrico**,
- ✓ Materializar peças a partir de **desenhos técnicos**,
- ✓ Desenvolver **protótipos virtuais e físicos**.

PIEM II insere-se no quadro de um **grande desafio** para toda a comunidade docente e discente.

1. Introdução



Em PIEM II privilegia-se uma **metodologia mista** de ensino-aprendizagem, em que se considera:

- ✓ A **exposição teórica** de conteúdos,
- ✓ A **dedução** e **demonstração** de formulações,
- ✓ A realização de **trabalhos práticos** em grupo,
- ✓ A realização de **relatórios** e **apresentações**,
- ✓ A **exposição e discussão** das soluções desenvolvidas.

1. Introdução



Atividades pedagógicas planeadas para PIEM II.

Semana	Aulas Teóricas	Entregáveis
1	Aula Inaugural. Seminário sobre metrologia	-
2	Seminário sobre o processo <i>teardown</i>	Planeamento
3	Miniteste #1 e acompanhamento dos projetos	Rigidez da mola
4	Seminário sobre dinâmica e fichas de avaliação	Dispositivo
5	Seminário sobre desempenho do carro	-
6	Entrega de relatório intermédio (máximo 6 páginas)	Solução do carro
7	Apresentação e discussão intermédia	Póster do <i>teardown</i>
8	Miniteste #2 e acompanhamento dos projetos	Desempenho do carro
9	Devolução dos relatórios corrigidos pelo tutor	-
10	Seminário sobre dimensionamento de veios	Construção do carro
11	Teste final e acompanhamento dos projetos	-
12	Fichas de avaliação e acompanhamento dos projetos	Dimensionamento
13	Relatório final (máximo 12 páginas)	-
14	Devolução dos relatórios corrigidos pelo tutor	Póster do carro
15	Demonstrações das soluções do carro “só acelera”	Vídeo do carro

2. Professores



A **equipa docente** de Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II é constituída por:

- ✓ Um **professor coordenador**, que é responsável pela organização, planeamento e funcionamento de tudo que circunda esta unidade curricular,
- ✓ Um conjunto de **professores tutores**, aos quais são atribuídas funções tutoriais de diferentes grupos de estudantes.

2. Professores



A forma de **intervenção da equipa docente** de PIEM II é diferente da do ensino magistral mais tradicional.

As principais funções do **professor tutor** consistem:

- ✓ No apoio à **dinamização do trabalho em equipa** no âmbito dos diversos projetos,
- ✓ Na **monitorização das atividades pedagógicas** e da **aprendizagem individual**.

2. Professores



A função do professor tutor, no âmbito da unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II, inclui as seguintes dimensões:

- ✓ Monitorizar o trabalho realizado pelos estudantes,
- ✓ Motivar o grupo, estimulando os estudantes,
- ✓ Ajudar a resolver problemas ou dificuldades,
- ✓ Avaliar os estudantes, numa lógica formativa e sumativa.

3. Projetos



PIEM II assenta na realização de dois projetos, a saber:

- ✓ *Teardown* de dispositivo mecânico, em que cada grupo de trabalho deve fazer a **dissecação** de um **dispositivo mecânico** ou mecatrónico,
- ✓ Projeto carro “só acelera”, em que cada grupo deve conceber, desenvolver e construir um **carro do tipo *dragster*** para percorrer, o mais rapidamente possível, uma distância igual a **5 metros**.

3. Projetos



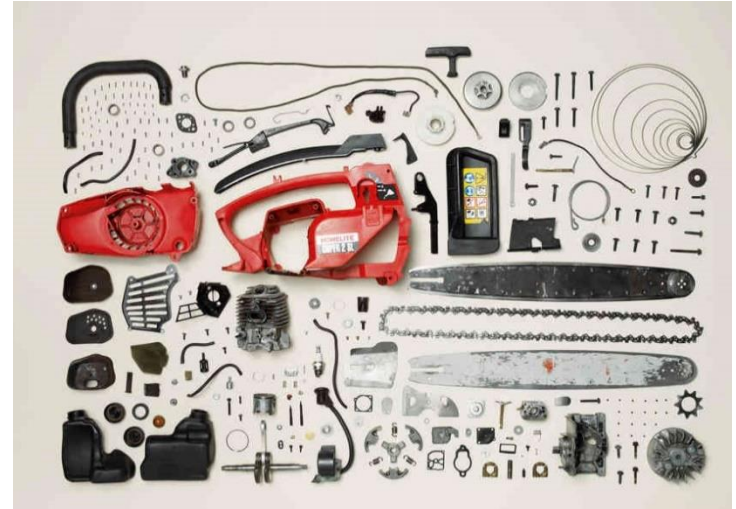
No âmbito da atividade pedagógica *teardown*, cada grupo, supervisionado pelo tutor, deve selecionar um dispositivo para dissecação.

O dispositivo proposto será objeto de análise e validação pelo coordenador da unidade curricular.

A realização de modelos computacionais e a proposta de melhorias do produto analisado serão valorizadas.

3. Projetos

A figura do lado mostra a **visualização explodida** de uma motosserra realizada no contexto de um *teardown*, onde se identificam os seus **elementos constituintes**.



Nesta atividade é imprescindível a observação das **normas básicas de segurança** em laboratórios e oficinas.

3. Projetos



O *teardown* visa **analisar** e **examinar** os elementos que compõem um produto, assim como identificar **a função** que desempenham e **o custo** que lhes está associado.

O *teardown* de um produto permite aceder a informação técnica específica, com o intuito de **simplificar** os processos de **fabrico** e **montagem**, aumentar **a vida útil**, **melhorar a qualidade**, sem, no entanto, penalizar o custo do ciclo de vida do produto.

3. Projetos



A preparação do *teardown* compreende, entre outros, os seguintes pontos:

- ✓ Seleção do produto (e.g. dispositivo mecânico),
- ✓ Acesso à informação técnica disponível (e.g. desenhos técnicos),
- ✓ Estudo de manuais (e.g. utilizador, instalação),
- ✓ Análise de processos de fabrico e montagem.

3. Projetos



O *processo teardown* propriamente dito, que é realizado em equipas alargadas de estudantes, compreende os seguintes aspetos:

- ✓ *Desmontagem peça a peça* e respetiva análise,
- ✓ *Registo fotográfico* dos componentes,
- ✓ *Documentação* do processo *teardown*,
- ✓ Realização de *brainstorming* de cada etapa do *teardown*.

3. Projetos



Após a realização do *teardown*, os estudantes devem:

- ✓ Discutir as ideias resultantes de todo o processo,
- ✓ Seriar as ideias, desde as prioritárias até às mais secundárias,
- ✓ Desenvolver ações tendo em vista a melhoria do produto,
- ✓ Apresentar um relatório do *teardown* efetuado.

3. Projetos

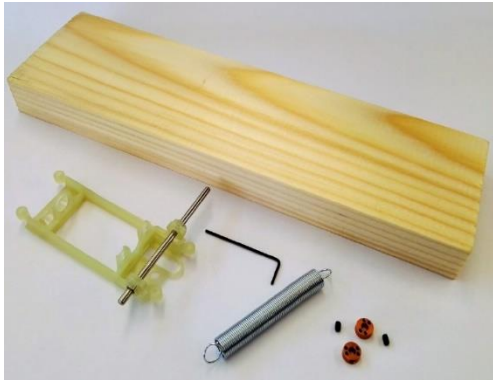


A atividade *teardown* inclui a realização de um conjunto de entregáveis ao longo do semestre, nomeadamente:

- ✓ Descrição do dispositivo selecionado,
- ✓ Preparação e realização do *teardown*,
- ✓ Elaboração de documentação,
- ✓ Realização de modelos computacionais,
- ✓ Análise crítica do processo *teardown*.

3. Projetos

No âmbito do projeto **carro “só acelera”**, cada grupo de trabalho deve conceber, desenvolver e construir um **carro do tipo *dragster*** para percorrer, o mais rapidamente possível, uma distância de **5 metros**.



Kit básico



Carro sem carroçaria

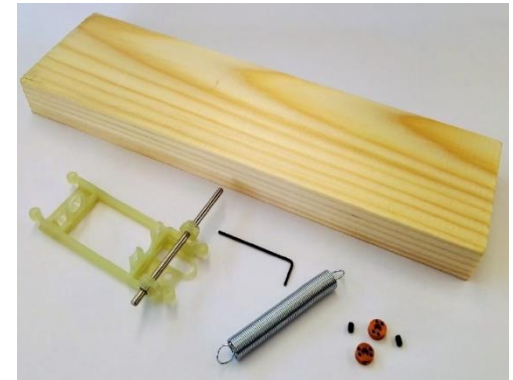


Competição

3. Projetos

Do **kit básico** fazem parte os seguintes elementos:

- ✓ **Bloco de madeira** de pinho (comprimento: 200 mm, largura: 50 mm e espessura: 18 mm),
- ✓ **Eixo traseiro** completo (parte do chassis, eixo, casquilhos e freios),
- ✓ **Mola** helicoidal de tração,
- ✓ **Chave** sextavada.



Kit básico

3. Projetos



Neste projeto, os grupos de trabalho devem ter em consideração o seguinte **conjunto de regras**:

- ✓ O carro parte do **repouso** e realiza o seu **movimento retilíneo num plano horizontal liso**, sem qualquer tipo de guia de direção,
- ✓ O carro é acionado usando **energia elástica fornecida por uma mola helicoidal de tração**, sendo que o sistema de acionamento está no interior do carro,

3. Projetos



- ✓ O carro tem **tração traseira**, sendo o diâmetro das rodas traseiras o dobro do diâmetro das rodas dianteiras,
- ✓ O movimento descrito por todas as rodas do carro é do tipo **rolamento puro**, ou seja, não há escorregamento entre as rodas e o chão,
- ✓ A **massa total do carro** (incluindo chassis, rodas, etc.) não deve ultrapassar os 50 gramas,

3. Projetos



- ✓ As **distâncias entre os eixos** mínima e máxima são de 120 e 180 mm, respetivamente,
- ✓ A **largura máxima** do carro é de 60 mm,
- ✓ A **altura máxima** do carro é de 100 mm.

A parte exterior do carro deverá ser produzida com **acabamentos e pinturas de elevada qualidade**. O uso de carroçaria fica ao critério de cada grupo de trabalho.

3. Projetos



Ainda no âmbito desta **atividade pedagógica** devem ser contemplados os seguintes aspetos:

- ✓ Apenas é permitida a utilização de **lubrificação seca**,
- ✓ A **deformação máxima da mola** é de 50 mm,
- ✓ Não é permitido o uso de **pré-tensão na mola**,
- ✓ Não existe qualquer **sistema de direcionamento** do carro,

3. Projetos



- ✓ O carro tem de **incluir as peças** do kit básico,
- ✓ Não são permitidos **dispositivos de arranque**,
- ✓ Não são permitidos **dispositivos eletrónicos/magnéticos**,
- ✓ Não é permitido **doping mecânico** (e.g. alterar a mola).

No final do semestre haverá uma **demonstração dos carros construídos** para aferir o seu desempenho.

3. Projetos



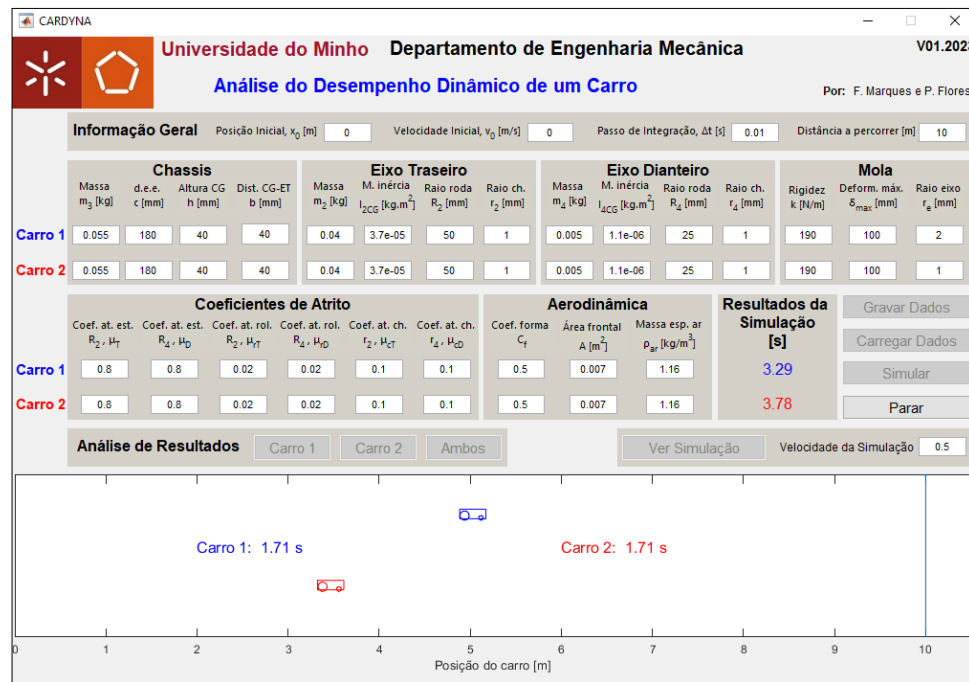
A atividade carro “só acelera” inclui a realização de **entregáveis** ao longo do semestre, nomeadamente:

- ✓ Determinação da **rigidez da mola**,
- ✓ Apresentação da **solução do carro**,
- ✓ Estudo do **desempenho do carro**,
- ✓ **Construção do carro**,
- ✓ **Realização das provas de demonstração.**

3. Projetos



O código **CARDYNA**, que foi desenvolvido em **MATLAB**, permite, de forma simples e expedita, estudar o desempenho do carro, bem como visualizar o movimento geral produzido.



Pantalha gráfica do código CARDYNA

O código CARDYNA pode ser solicitado por e-mail para pflores@dem.uminho.pt

4. Competências



Em consonância com as **finalidades da UC PIEM II**, os estudantes desenvolvem competências específicas em:

- ✓ **Representação gráfica** (e.g. uso de sistemas CAD),
- ✓ **Construção mecânica** (e.g. processos de fabrico),
- ✓ **Mecânica dos materiais** (e.g. dimensionamento),
- ✓ **Dinâmica de sistemas mecânicos** (e.g. movimento),
- ✓ **Projeto mecânico** (e.g. conceção de soluções).

4. Competências



Para além das competências específicas anteriormente apresentadas, os estudantes desenvolvam igualmente um conjunto de **competências transversais** em:

- ✓ **Gestão de projetos** (e.g. capacidade de decisão),
- ✓ **Trabalho em equipa** (e.g. autonomia),
- ✓ **Desenvolvimento pessoal** (e.g. autorregulação),
- ✓ **Comunicação** (e.g. capacidade de argumentação).

5. Grupos



As **equipas de trabalho** são organizadas de acordo com as seguintes regras elementares:

- ✓ Cada grupo de trabalho é constituído por **5 estudantes**,
- ✓ A constituição dos grupos é da **responsabilidade dos estudantes**.

A cada grupo de estudantes é atribuído **um tutor**, docente no Departamento de Engenharia Mecânica da UMinho.

5. Grupos



São três as **funções a desempenhar individualmente** pelos estudantes de cada equipa de trabalho, a saber:

- ✓ **Coordenação** (e.g. preparação de reuniões),
- ✓ **Secretariado** (e.g. elaboração de atas),
- ✓ **Gestão do tempo** (e.g. duração das reuniões).

A atribuição de cada uma das funções aos elementos da equipa é da **responsabilidade de cada um dos grupos**.

5. Grupos



As **interações entre os elementos** da equipa de estudantes são as suas fontes de aprendizagem, mas também podem ser origem de conflitos.

O funcionamento da equipa e a gestão dos conflitos são, em primeiro lugar, da **responsabilidade dos estudantes**, todavia, **o tutor**, ou, eventualmente, **o coordenador** de PIEM II, pode apoiar a equipa, se for necessário.

6. Avaliação



A metodologia adotada para a **avaliação do desempenho** dos grupos e dos estudantes contempla as seguintes componentes:

- ✓ **Produtos** (e.g. relatórios, protótipos),
- ✓ **Processos** (e.g. entregáveis, tutorias),
- ✓ **Equipa de trabalho** (e.g. apresentações, relatórios),
- ✓ **Cada estudante** (e.g. minitestes e testes),

6. Avaliação



O cálculo da **classificação final** de cada estudante é efetuado de acordo com as ponderações desta tabela.

Componente	[%]
Entregáveis	25
Minitestes	15
Teste final	15
Apresentação intermédia	10
Apresentação final	10
Relatório intermédio	10
Relatório final	15

6. Avaliação



No atinente à **avaliação dos protótipos físicos** realizados, no âmbito de Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II, são tidos em conta os seguintes aspetos:

- ✓ Relevância dos **protótipos**,
- ✓ Correção das **soluções**,
- ✓ Funcionalidade da **solução final**.

6. Avaliação



Em relação à **avaliação dos entregáveis** e dos **relatórios** produzidos ao longo do semestre tem-se em consideração os seguintes critérios:

- ✓ Adequação do trabalho aos **objetivos**,
- ✓ **Estrutura** do documento,
- ✓ **Fundamentação** e rigor conceptual,
- ✓ Capacidade de **reflexão e análise crítica**,

6. Avaliação



- ✓ Formatação e apresentação gráfica,
- ✓ Respeito pelas regras de produção académica,
- ✓ Cumprimento de prazos e condições de entrega.

Na avaliação do relatório final é tida em consideração a capacidade de resposta às questões e orientações levantadas pela equipa docente face ao trabalho apresentado anteriormente.

6. Avaliação



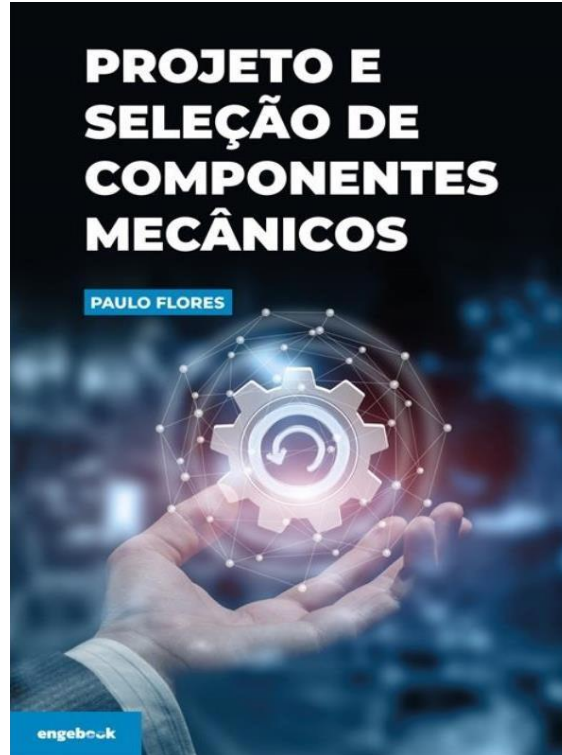
Na âmbito da **avaliação das apresentações**, para além dos critérios anteriormente referidos, serão também objeto de avaliação:

- ✓ **Capacidade de comunicação** (e.g. postura adequada, clareza na exposição dos conceitos, etc.),
- ✓ **Criatividade** (e.g. ideias inovadoras, originalidade, espírito de iniciativa).

7. Bibliografia



Sugestões de leitura complementar.



Paulo Flores

Universidade do Minho

Departamento de Engenharia Mecânica

Campus de Azurém 4804-533 Guimarães – Portugal

Email: pflores@dem.uminho.pt

Referências Bibliográficas

Flores, P. (2012) *Análise Cinemática e Dinâmica de Mecanismos - Exercícios resolvidos e propostos*. Publindústria, Porto.

Flores, P. (2015) *Concepts and Formulations for Spatial Multibody Dynamics*. Springer International Publishing.

Flores, P., Lankarani, H.M. (2016) *Contact Force Models for Multibody Dynamics*. Springer International Publishing.

Flores, P., Marques, F. (2017) *Sobre a Dinâmica do Carro – Teoria e Aplicação*. Publindústria, Porto.

Marques, F., Flores, P. (2021) *Da Dinâmica de Sistemas Multicorpo*. Quântica Editora, Porto.

Flores, P., Marques, F., Silva, M.R., Novais, F. (2023) *Projeto Integrador em Engenharia Mecânica*. Quântica Editora, Porto.