

Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II

Guia da Unidade Curricular

Paulo Flores



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Guimarães 2023

O segredo de progredir é começar. O segredo de começar é dividir as tarefas árduas e complicadas em tarefas pequenas e fáceis de executar, e depois começar pela primeira.

Mark Twain (1835-1910)

PROÉMIO

Este guia serve de referência ao planeamento, desenvolvimento, realização e avaliação das atividades pedagógicas previstas no âmbito da unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II, ministrada no 2.º semestre do 2.º ano do plano de estudos da Licenciatura em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho.

*Se eu vi mais longe,
foi por estar de pé nos ombros de gigantes.*

Isaac Newton (1642-1727)

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Equipa Docente.....	3
2.1. Coordenador e Tutores	3
2.2. O Papel do Professor Tutor	3
3. Atividades Pedagógicas.....	6
3.1. <i>Teardown</i> de Dispositivo Mecânico	6
3.2. Projeto Carro “Só Acelera”	8
4. Competências.....	10
4.1. Competências Específicas	10
4.2. Competências Transversais	10
5. Equipas de Trabalho.....	12
5.1. Organização	12
5.2. Reuniões	13
6. Calendarização	14
6.1. Carga Horária	14
6.2. Planeamento das Atividades.....	14
7. Avaliação	16
7.1. Metodologia de Avaliação.....	16
7.2. Critérios de Avaliação	17
8. Referências.....	18

*Deve-se aprender sempre,
até mesmo com um inimigo.*

Isaac Newton (1642-1727)

1. INTRODUÇÃO

A Universidade do Minho tem vindo a promover a implementação de novas metodologias de ensino-aprendizagem dentro do espírito decorrente da famigerada Declaração de Bolonha e da Aprendizagem Ativa [1–5], onde se incluem os métodos de aprendizagem baseados na participação ativa, no trabalho de grupo e interdisciplinar e em estudos de casos que permitem o confronto com situações da vida profissionais [6, 7]. Neste contexto, o papel do Professor Tutor é de especial relevo.

Na verdade, as competências identificadas como essenciais ao desempenho da função de tutor apontam para três níveis: *(i)* do saber, *(ii)* do ser e *(iii)* do saber-fazer. No atinente ao saber pode inferir-se que é importante que o tutor tenha conhecimentos prévios sobre o trabalho de tutoria, que fazem do tutor uma pessoa com mais experiência e saber, que conheça o plano curricular do curso e o meio profissional de referência para o curso. Ao nível do ser, o tutor assume fundamentalmente o papel de guia, sendo essencial estar motivado para o trabalho de tutoria no sentido de criar uma disponibilidade para acompanhar e apoiar o trabalho dos alunos. No que se refere às qualidades do tutor é consensual que a qualidade da comunicação entre o tutor e o estudante é capital importância. Ser organizado, flexível, perseverante e paciente são características fundamentais para o sucesso da tutoria. Finalmente, no que respeita ao saber-fazer, saber escutar, saber comunicar, saber identificar necessidades e respectivas respostas, saber negociar mantendo a coerência, saber gerir conflitos são fundamentais e exigem um domínio e desenvolvimento constantes [8].

Parece transparecer a ideia que ao estudante (“tutorado”) são exigidas competências que, em certa medida, são complementares às do tutor. O estudante deve saber comunicar, deve ser capaz de confrontar ideias e apresentar argumentos considerando o respeito e bom clima e, não menos importante, ter a capacidade de se colocar no lugar do tutor. Esta última dimensão permite adquirir uma visão mais alargada do eu, tendo em mente a compreensão das resistências às mudanças e ao conservadorismo de algumas atitudes, as quais podem constituir um enorme obstáculo à aquisição e desenvolvimento de competências pelo sujeito em formação [9].

Bolonha, para além de envolver mudanças estruturais nos graus e na organização pedagógica, pretende que o ensino superior possa ancorar-se em metodologias que, para além dos aspetos cognitivos, estimulem o desenvolvimento de competências de comunicação, liderança, inovação e criatividade necessárias para que cada indivíduo possa integrar-se, participar e usufruir das potencialidades que a sociedade do conhecimento lhe proporciona [10]. Foi neste quadro que se desenvolveu o atual desenho curricular da Licenciatura em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. A Engenharia Mecânica está orientada para lidar com os princípios de funcionamento e capacidade de utilização de dispositivos e sistemas mecânicos, passando pelo desenvolvimento de técnicas fundamentais de análise e de projeto mecânico [11].

A atual Licenciatura em Engenharia Mecânica, que funcionou pela primeira vez no ano letivo de 2021/2022, tem um dos seus focos a inclusão de unidades curriculares denominadas “Projetos Integradores em Engenharia Mecânica”, as quais assentam nos princípios associados à aprendizagem por projetos [11]. De entre os objetivos principais destas unidades curriculares destacam-se os seguintes:

- Promover a aprendizagem centrada no estudante,
- Desenvolver o espírito de iniciativa e a criatividade,
- Fomentar o trabalho em equipa,
- Desenvolver competências de comunicação,
- Fomentar o pensamento crítico,
- Relacionar conteúdos interdisciplinares de forma integrada.

A unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II (PIEM II) baseia-se na abordagem PLE (acrónimo de *Project Learning Education*), na qual se pretende que os alunos desenvolvam competências transversais de trabalho em grupo, apresentação em público, defesa e discussão de resultados. O tema central desta unidade curricular, bem como as diversas tarefas a desenvolver e os objetivos a atingir, foram cuidadosamente escolhidos de modo integrar corretamente os conteúdos de outras unidades relevantes, tais como, Desenho e Modelação Assistidos por Computador, Mecânica Geral, Mecânica dos Materiais, Automação Industrial e Mecânica dos Fluidos [11].

Nesta unidade curricular, o processo de aprendizagem está centrado na realização de projetos de carácter aberto, isto é, projetos que não apresentam apenas uma solução. O grau de complexidade dos projetos é adequado, quer ao nível da formação dos alunos, quer ao nível da sua ligação à profissão. Os trabalhos são desenvolvidos em equipas alargadas, em que é requerido o conhecimento de todas as atividades pedagógicas (projetos integradores) por parte de toda a equipa que constitui os grupos de trabalho. As atividades realizadas incluem diferentes vertentes, tais como, a produção de relatórios escritos, a elaboração de protótipos virtuais e físicos, e a realização de apresentação orais. A avaliação tem incidido, quer no produto final obtido, quer no processo levado a cabo durante a realização dos projetos integradores [12].

Neste ano letivo são dois os principais projetos integradores a realizar no âmbito da unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II, a saber:

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

No final do semestre os estudantes deverão ser capazes de:

- Especificar técnicas e processos de fabrico de componentes mecânicos,
- Materializar componentes a partir de desenhos técnicos,
- Representar graficamente componentes mecânicos,
- Desenvolver protótipos virtuais e físicos,
- Desenvolver a capacidade de liderança.

*A unidade é a variedade,
e a variedade na unidade é a lei suprema do universo.*

Isaac Newton (1642-1727)

2. EQUIPA DOCENTE

2.1. COORDENADOR E TUTORES

No presente ano letivo, a equipa docente desta unidade curricular é constituída pelo Professor Coordenador, responsável pela organização, planeamento e funcionamento da unidade curricular, e por um conjunto de Professores Tutores, aos quais são atribuídas funções tutoriais de diferentes grupos de alunos. A função de tutor no âmbito desta unidade curricular é desempenhada por docentes do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. Na tabela 1 estão listados os nomes dos docentes desta unidade curricular, bem como as funções a desempenhar.

Nome	Função	Endereço eletrónico
João Paulo Flores Fernandes	Coordenador	pflores@dem.uminho.pt
Ana Maria Pires Pinto	Tutora	anapinto@dem.uminho.pt
Ana Rita Machado Ferreira	Tutora	ritamf@dem.uminho.pt
Fernando António Portela Sousa Castro	Tutor	fcastro@dem.uminho.pt
Flávio Jorge Fernandes Bartolomeu	Tutor	d7154@dei.uminho.pt
Luís Fernando Sousa Ferreira Silva	Tutor	lffsilva@dem.uminho.pt

Tabela 1 – Equipa docente da unidade curricular PIEM II.

2.2. O PAPEL DO PROFESSOR TUTOR

Encarando a tutoria como uma componente inerente à formação universitária, emergem um conjunto de objetivos e características, a saber: (i) a ação tutorial permite a integração ativa do estudante no mundo universitário; (ii) a ação docente, através da função de orientação, dirige-se a impulsionar e facilitar o desenvolvimento integral dos estudantes nos seus diferentes âmbitos: intelectual, afetivo, pessoal e social; (iii) a ação tutorial contribui para personalizar a educação universitária, uma vez que permite um acompanhamento individualizado do itinerário de formação do estudante; (iv) na ação tutorial canalizam-se e dinamizam-se, nas relações do estudante, os diferentes segmentos da atenção do próprio estudante: de carácter administrativo, docente, organizativo e de serviços; (v) a atenção ao estudante constitui um elemento-chave de qualidade [13]. Em suma, as principais funções do Professor Tutor consistem no apoio à dinamização do trabalho em equipa e na monitorização das atividades pedagógicas e da aprendizagem individual no âmbito dos diversos projetos.

Com efeito, a função do tutor no âmbito da unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II implica inclui as seguintes dimensões:

- Monitorizar o trabalho realizado pelos estudantes durante o desenvolvimento das atividades propostas,
- Motivar o grupo (estabelecendo uma relação de proximidade e estimulando o trabalho dos estudantes),

- Ajudar a resolver problemas ou dificuldades (conflitos, gestão de tempo, realização de tarefas, etc.),
- Avaliar os alunos (quer numa lógica formativa, através da monitorização e *feedback*, quer na avaliação sumativa do trabalho realizado).

O papel de tutor nesta unidade curricular é diferente do papel mais tradicional de um docente universitário. O tutor acompanha o desenvolvimento das competências definidas no guia desta unidade curricular e o progresso das atividades da equipa de alunos para chegar a uma solução adequada a cada problema proposto. Por outro lado, embora seja um elemento próximo da equipa, não está a realizar o projeto, pelo que não deve apresentar soluções quanto ao conteúdo dos projetos, mas sim, encaminhar a equipa de alunos na direção mais desejada e colocar questões que estimulem a reflexão e indagação por parte dos estudantes no sentido de potenciar o seu trabalho e a sua aprendizagem. O tutor participa na avaliação (quer numa lógica formativa, através da monitorização e *feedback*, quer na avaliação sumativa do trabalho realizado) dos alunos no sentido de classificar os elementos dos grupos de trabalho. É ainda função do tutor discutir os resultados da avaliação dos pares, da equipa e da autoavaliação. O tutor reconhece as dificuldades identificadas nestas avaliações e tenta encontrar forma de as ultrapassar. Poderá igualmente ajudar a tomar decisões e a resolver conflitos. O tutor tem ainda a função de reportar ao coordenador desta unidade curricular dados sobre o desenvolvimento dos projetos e o funcionamento das equipas de trabalho.

O papel do tutor remete, em primeiro lugar, para a formulação de questões. Para verificar o progresso da equipa de estudantes, o tutor coloca questões que pretendem verificar o estado de desenvolvimento do projeto e a respetiva compreensão pelos alunos. A colocação de questões apropriadas é uma das capacidades mais importantes de um tutor. As questões devem:

- Exigir um processo de raciocínio aos alunos,
- Centrar-se na informação mais importante,
- Fazer ligações entre diferentes partes do problema e do seu contexto,
- Ser de natureza aberta para promover discussão (em vez de terem resposta sim/não),
- Encaminhar os alunos para diferentes soluções possíveis,
- Ser de nível superior (análise, síntese e avaliação, em vez de conhecimento e aplicação).

O tutor verifica, através das questões, qual é o grau de desenvolvimento dos projetos e de consecução de objetivos por parte dos alunos e ajuda-os a concretizar as atividades necessárias para concluir essa fase com sucesso. O tutor pode pedir aos alunos para representarem os conhecimentos adquiridos sob a forma de figuras e tabelas, ou que reportem os resultados mais importantes sob a forma de resumos. O tutor não deve interferir no conteúdo específico dos projetos, mas é muito importante que tenha uma visão global e atualizada dos mesmos.

Na tabela 2, é apresentado um exemplo de *check list* que os tutores podem utilizar em cada sessão de tutoria, logo a partir da primeira reunião.

Sessão Tutorial Nº _____	____ / ____ / _____
1. Ausências	

2. Progresso dos projetos	
2.1. Fase _____	
2.2. Tarefas concluídas _____	
2.3. Dificuldades _____	

3. Gestão dos projetos	
3.1. Uso de meios adequados _____	
3.2. Conteúdos da documentação _____	
3.3. Conflitos _____	

4. Avaliação	
4.1. Pelos pares _____	
4.2. Sistema de autoavaliação _____	

5. Informações veiculadas à equipa	

6. Notas do tutor	

Tabela 2 – Exemplo de *check list* a utilizar pelos tutores nas sessões de tutoria.

3. ATIVIDADES PEDAGÓGICAS

3.1. TEARDOWN DE DISPOSITIVO MECÂNICO

No âmbito desta atividade pedagógica, de natureza coletiva, cada grupo de trabalho deve fazer o *teardown* de um dispositivo mecânico. Para este efeito, cada grupo, supervisionado pelo tutor, deve selecionar e propor um equipamento para dissecação. O dispositivo mecânico proposto será objeto de validação pelo coordenador.

O processo *teardown*, ou simplesmente *teardown*, consiste em dissecar, desmontar ou desconstruir um determinado dispositivo utilizando ferramentas e procedimentos adequados. O *teardown* visa, fundamentalmente, analisar e examinar, com minúcia, os elementos que compõem o dispositivo, assim como identificar a função que desempenha e o custo que lhe está associado. Esta metodologia é uma das mais comumente utilizadas em engenharia quando, por um lado, se deseja conhecer o processo de desenvolvimento de produto e, por outro, se pretende identificar aspetos passíveis de melhoria, quer do ponto de vista do fabrico, quer do utilizador. 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 [14].

Alguns dos principais aspetos do *teardown* prendem-se com:

- Caracterização dos materiais,
- Identificação das técnicas de fabrico,
- Análise dos procedimentos de montagem,
- Determinação dos custos associados ao produto.

Alguns dos principais benefícios do *teardown* prendem-se com:

- Redução do número de componentes,
- Automatização das técnicas de fabrico,
- Simplificação dos processos de montagem,
- Melhoramento de todo o ciclo de desenvolvimento do produto.

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

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

O *teardown* propriamente dito, que deve ser feito em equipas alargadas, inclui:

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

Após o *teardown* a equipa de trabalho deve:

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

Na realização do *teardown* é imprescindível a observação das normas básicas de segurança em laboratórios e oficinas, sendo particularmente importante ter o máximo de cuidado e desvelo no corte e arranque de componentes.

Deve salientar-se uma vez mais que esta tarefa é de cariz coletivo, pelo que deverá envolver todos os membros do grupo de trabalho em todas as suas fases de desenvolvimento.

Para apoiar a realização desta atividade será disponibilizado um conjunto diverso de material pedagógico. Serão também proferidos seminários especializados no âmbito da metodologia *teardown*.

No final do semestre, cada grupo de trabalho deverá apresentar um póster A4 resumindo todo o *teardown* executado. Esta atividade inclui ainda um conjunto de entregáveis a realizar ao longo do semestre.

Assim, nos diferentes entregáveis elaborados no âmbito do *teardown* deverá ter-se em consideração os seguintes aspetos:

- Descrição do dispositivo mecânico,
- Preparação detalhada do *teardown*,
- Desmontagem, medição e análise,
- Elaboração de documentação,
- Realização de modelos (*e.g.* CAD),
- Análise crítica do processo *teardown*,
- Identificação aspetos a melhorar no dispositivo,
- Apresentação de póster A4 do *teardown*.

3.2. PROJETO CARRO “SÓ ACELERA”

No âmbito desta atividade pedagógica, de natureza coletiva, cada grupo de trabalho é convidado a conceber, desenvolver e construir um carro do tipo *dragster* para percorrer, o mais rapidamente possível, uma distância igual a 5 metros.

Cada grupo de trabalho recebe um kit básico que contém um conjunto de elementos, que devem ser utilizados na construção do carro, nomeadamente:

- 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 do tipo *umbraco*.

Para a concretização deste projeto, os grupos de trabalho devem ter em consideração o seguinte conjunto de características, requisitos e especificações:

- O carro parte do repouso e realiza o seu movimento retilíneo num plano horizontal liso, sem qualquer tipo de guiamento de direção. As provas de demonstração realizar-se-ão no átrio da entrada principal da universidade, ou em local idêntico (*e.g.* sala de aula),
- O carro é acionado, única e exclusivamente, utilizando energia potencial elástica fornecida por uma mola helicoidal de tração, sendo que o sistema de acionamento está no interior do carro,
- 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,
- 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.

Ainda no âmbito deste projeto devem ser contemplados os seguintes aspetos:

- Apenas é permitida a utilização de lubrificação seca,
- A deformação máxima da mola permitida é de 50 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.

No final do semestre haverá uma demonstração dos diversos carros construídos, cujo propósito é o de aferir o seu desempenho. Os carros deverão estar prontos e verificados até 48 horas antes do início das provas.

Os principais critérios de avaliação dos carros são: peso total, atravancamento, *design*, simplicidade e desempenho na realização das diversas provas.

Deve chamar-se a atenção que todas as opções e decisões tomadas no decorrer da realização desta atividade têm de ser justificadas e fundamentadas à luz de princípios científicos e tecnológicos da Engenharia Mecânica.

Para a realização desta atividade pedagógica deve adotar-se a metodologia de projeto proposta por Shigley e Mischke [15]. Assim, com esta atividade pretende-se que os diferentes grupos de trabalho desenvolvam:

- Modelos analíticos que permitam estudar o comportamento cinemático e dinâmico do carro (os modelos analíticos devem ser implementados em programa informático, tal como o *Excel* ou a plataforma *MATLAB*),
- Modelos CAD tridimensionais do conjunto que constitui o carro desenvolvido, bem como um desenho 2D de conjunto (os desenhos devem ser feitos em *AutoCAD*, *SolidWorks*, *Inventor*, ou em programa similar),
- Modelos computacionais que possibilitem simular e otimizar, para diversas condições, o comportamento cinemático-dinâmico do carro (utilizando, por exemplo, o programa computacional *Working Model* ou *SimWise 4D*, *Algodoo*, ou em programa similar),
- Modelos físicos do carro para demonstração.

Deve salientar-se novamente que esta tarefa é de cariz coletivo, pelo que deverá envolver todos os membros do grupo de trabalho em todas as suas fases de desenvolvimento.

Para apoiar a realização deste projeto será disponibilizado um conjunto diverso de material pedagógico específico. Serão também proferidos seminários especializados.

No final do semestre, cada grupo de trabalho deverá apresentar um vídeo relativo a esta atividade pedagógica, cuja duração máxima é de um minuto.

Finalmente, recomenda-se que cada grupo de trabalho encontre uma empresa parceira que apoie a realização do projeto carro “só acelera”.

*O que sabemos é uma gota
e o que ignoramos é um oceano.*

Isaac Newton (1642-1727)

4. COMPETÊNCIAS

4.1. COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS

As competências específicas que os estudantes devem adquirir e desenvolver através da realização das diversas atividades pedagógicas anteriormente apresentadas são em grande parte as competências estabelecidas nas unidades curriculares de apoio ao PIEM II. Assim, em consonância com as finalidades desta unidade curricular, os estudantes poderão desenvolver competências específicas em:

- Representação gráfica
 - Representar e normalizar componentes,
 - Interpretar e visualizar desenhos técnicos,
 - Utilizar ferramentas informáticas de desenho e representação 3D.
- Construção mecânica
 - Caracterizar a intermutabilidade de peças mecânicas,
 - Descrever os processos de fabricos,
 - Identificar os sistemas de transmissão e acionamento.
- Ciência dos materiais
 - Selecionar materiais,
 - Descrever a caracterização e processamento de materiais,
 - Identificar as condições de funcionamento superficiais.
- Mecânica dos materiais
 - Caracterizar cargas aplicadas em sistemas mecânicos,
 - Calcular esforços resultantes em peças,
 - Dimensionar componentes mecânicos.
- Dinâmica de sistemas mecânicos
 - Descrever os mecanismos e seus componentes,
 - Caracterizar cinematicamente o movimento,
 - Quantificar dinamicamente o movimento.
- Projeto mecânico
 - Definir especificações técnicas,
 - Avaliar soluções alternativas,
 - Utilizar ferramentas informáticas do projeto.

4.2. COMPETÊNCIAS TRANSVERSAIS

Para além das competências específicas anteriormente apresentadas, espera-se que os estudantes desenvolvam igualmente um conjunto de competências transversais proporcionadas pela realização das atividades, nomeadamente em:

- Gestão de projetos
 - Capacidade de investigação,
 - Capacidade de decisão,
 - Capacidade de organização,
 - Gestão do tempo.

- Trabalho em equipa
 - Autonomia,
 - Iniciativa,
 - Responsabilidade,
 - Liderança,
 - Resolução de problemas,
 - Relacionamento interpessoal,
 - Motivação,
 - Gestão de conflitos.
- Desenvolvimento pessoal
 - Criatividade,
 - Originalidade,
 - Espírito crítico,
 - Autoavaliação,
 - Autorregulação.
- Comunicação
 - Capacidade de argumentação,
 - Comunicação escrita,
 - Comunicação oral.

*Se fiz descobertas valiosas,
foi mais por ter paciência do que qualquer outro talento.*

Isaac Newton (1642-1727)

5. EQUIPAS DE TRABALHO

5.1. ORGANIZAÇÃO

As atividades propostas no âmbito de PIEM II são desenvolvidas por equipas de trabalho. A cada equipa de estudantes é atribuído um tutor, docente no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. 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 inteira responsabilidade dos estudantes.

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

- Coordenação
 - Preparação e convocação das reuniões de trabalho,
 - Supervisão e controlo das ações a realizar,
 - Ligação com o tutor.
- Secretariado
 - Síntese das decisões tomadas nas reuniões,
 - Elaboração das atas das reuniões,
 - Atualização do dossiê dos trabalhos.
- Gestão do tempo
 - Controlo da duração das reuniões de trabalho,
 - Verificação do cumprimento dos prazos estipulados para as tarefas.

A atribuição de cada uma das funções aos elementos da equipa é da inteira responsabilidade de cada um dos grupos, bem como o eventual estabelecimento de um regime de alternância ou qualquer mudança de titular, pré-estabelecida ou não.

Dada a natureza do trabalho, isto é, trabalho de cooperação, todos e cada um dos elementos da equipa são responsáveis pelo trabalho desenvolvido, devendo, por isso, dominar toda e qualquer matéria relacionada com as diversas atividades do grupo.

O trabalho em equipa é uma das características principais da metodologia utilizada em PIEM II. Os alunos formam uma equipa no início do semestre e depois têm que funcionar como equipa na realização dos projetos propostos. As interações entre os elementos da equipa de alunos são as suas fontes de aprendizagem, mas também podem funcionar como fontes de conflitos.

O funcionamento da equipa e a gestão dos conflitos são, em primeiro lugar, da responsabilidade da equipa de estudantes, todavia o tutor pode apoiar a equipa, se for necessário. Os resultados das avaliações (avaliação dos pares, da equipa e a autoavaliação) podem servir como ponto de partida nas discussões.

Em caso de conflitos, é importante que o tutor sublinhe que a equipa é responsável pelo seu funcionamento. O tutor, entretanto, pode ajudá-los a clarificar a situação, isto é, a procurar conhecer as origens do conflito e as formas que cada elemento usa para lidar com esse conflito. Não há uma estratégia certa para a resolução de conflitos, mas, no acompanhamento da equipa, o tutor pode tentar identificar quais as estratégias usadas dentro da equipa e quais é que podem ser mais eficazes numa determinada situação [16].

5.2. REUNIÕES

As atividades de cada uma das equipas de trabalho são acompanhadas por dois tipos de reuniões distintos, designadamente reuniões ordinárias e reuniões de tutoria:

- Reuniões ordinárias
 - A equipa deverá reunir semanalmente em data e local a definir,
 - A convocatória deverá ser feita com um mínimo de 48 horas de antecedência,
 - A ata de cada reunião deverá ser lavrada no final da reunião.
- Reuniões de tutoria
 - Cada equipa deverá reunir quinzenalmente com o respetivo tutor,
 - A convocatória deverá ser da responsabilidade do tutor e da equipa,
 - A convocatória deverá ser feita com um mínimo de 48 horas de antecedência.

A primeira reunião de tutoria é usada para conhecer os estudantes e definir alguns aspetos relativos à interação entre tutor e alunos, nomeadamente:

- Horário, duração e local das reuniões de tutoria entre a equipa e o tutor,
- Gestão da informação acerca das reuniões: há agenda? Se sim, quem a faz? Qual o prazo? Há atas das reuniões com o tutor? Há pontos de ação?
- Disponibilidade do tutor para responder a solicitações da equipa e formas de comunicar com o tutor,
- Regras internas de funcionamento que a equipa pretende adoptar (por exemplo, quanto a prazos de entrega, divisão de tarefas, responsabilidades de cada um dos membros da equipa de trabalho),
- Rotação dos papéis de presidente, secretário e gestor do tempo da reunião.

6. CALENDARIZAÇÃO

6.1. CARGA HORÁRIA

De acordo com o plano de estudos do curso de Licenciatura em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho, a unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II tem 5 unidades de crédito equivalentes a 140 horas de atividades pedagógicas distribuídas do seguinte modo:

- 30 horas em que os estudantes têm contacto direto com o docente:
 - 15 horas teóricas,
 - 15 horas orientação tutorial.
- 110 horas de trabalho independente por parte dos alunos:
 - 30 horas de estudo,
 - 40 horas de projeto,
 - 40 horas de trabalho de grupo.

No horário do 2º semestre do 2º ano da Licenciatura em Engenharia Mecânica do presente ano letivo, está previsto um período semanal fixo para realizar as atividades que envolvam todos os alunos/equipas, nomeadamente:

- Reuniões plenárias,
- Seminários,
- Apresentações,
- Avaliações.

6.2. PLANEAMENTO DAS ATIVIDADES

A tabela 3 resume o mapa das atividades planeadas ao longo do semestre, nomeadamente no que se refere a:

- Reunião plenária
 - Apresentação da unidade curricular,
 - Constituição das equipas de trabalho e atribuição dos tutores.
- Seminários
 - Metrologia,
 - *Teardown*,
 - Dinâmica,
 - Desempenho do carro,
 - Dimensionamento de veios.
- Entregáveis:
 - Apresentação do planeamento do semestre,
 - Caracterização de mola helicoidal de tração,
 - Seleção do dispositivo mecânico para *teardown*,
 - Apresentação da solução concetual do carro,
 - Elaboração de póster A4 do projeto *teardown*,

- Análise do desempenho do carro,
- Descrição das técnicas de fabrico do carro,
- Realização de dimensionamento de veio,
- Elaboração de póster A4 do carro “só acelera”,
- Realização de vídeo resumo do trabalho realizado.
- Apresentações:
 - Apresentação intermédia,
 - Apresentação final.
- Relatórios:
 - Relatório intermédio,
 - Relatório final.

A calendarização e o planeamento das atividades previstas para a unidade curricular Projeto Integrador em Engenharia Mecânica II estão apresentados na tabela 3.

Semana	Data	Atividades Planeadas	Entregáveis
1	13 fev a 18 fev	Aula Inaugural. Seminário sobre metrologia	-
2	20 fev a 25 fev	Seminário sobre o processo <i>teardown</i>	Planeamento
3	27 fev a 04 mar	Miniteste #1 e acompanhamento dos projetos	Rigidez da mola
4	06 mar a 11 mar	Seminário sobre dinâmica e fichas de avaliação	Dispositivo
5	13 mar a 18 mar	Seminário sobre desempenho do carro	
6	20 mar a 25 mar	Entrega de relatório intermédio (máximo 6 páginas)	Solução do carro
7	27 mar a 01 abr	Apresentação e discussão intermédia	Póster do <i>teardown</i>
	03 abr a 08 abr	-	-
8	10 abr a 15 abr	Miniteste #2 e acompanhamento dos projetos	Desempenho do carro
9	17 abr a 22 abr	Devolução dos relatórios corrigidos pelo tutor	-
10	24 abr a 29 abr	Seminário sobre dimensionamento de veios	Construção do carro
11	01 mai a 06 mai	Teste final e acompanhamento dos projetos	-
12	08 mai a 13 mai	Fichas de avaliação e acompanhamento dos projetos	Dimensionamento
13	15 mai a 20 mai	Relatório final (máximo 12 páginas)	Póster do carro
14	22 mai a 27 mai	Demonstrações das soluções do carro “só acelera”	Vídeo do carro

Tabela 3 – Calendarização das atividades planeadas ao longo do semestre.

Nenhuma grande descoberta foi feita jamais sem um palpite ousado.

Isaac Newton (1642-1727)

7. AVALIAÇÃO

7.1. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A metodologia adotada para a avaliação do desempenho nesta unidade curricular contempla os seguintes aspetos:

- Componente relacionada com o produto final
 - Entregáveis,
 - Apresentações,
 - Relatórios,
 - Protótipos,
- Componente relacionada com o processo
 - Entregáveis,
 - Tutorias.
- Componente coletiva da equipa de trabalho
 - Apresentações,
 - Relatórios,
- Componente individual de cada estudante
 - Participação nos projetos e cumprimento das tarefas,
 - Teste final individual e minitestes.

O cálculo da classificação final de cada estudante é efetuado de acordo com as ponderações apresentadas na tabela 4.

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

Tabela 4 – Ponderação das componentes de avaliação e classificação.

Deve referir-se que é obrigatória a frequência das atividades planeadas para a unidade curricular Projeto Integrado em Engenharia Mecânica II, havendo, por isso, registo e controlo de presenças.

A aprovação nesta unidade curricular pressupõe classificação positiva em cada uma das componentes de avaliação, isto é, a nota mínima exigida em cada uma das componentes é de 10,0 valores.

O teste final individual constará apenas de uma parte teórica a realizar sem consulta de quaisquer elementos.

7.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

No atinente à avaliação dos protótipos físicos desenvolvidos serão tidos em contas os seguintes aspetos:

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

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

- Adequação do trabalho aos objetivos
 - Revela o cumprimento dos objetivos gerais do projeto,
 - Revela o cumprimento dos objetivos da unidade curricular.
- Estrutura do documento
 - Revela coerência interna na estrutura do documento,
 - Apresenta uma estrutura clara (Intro., Desenvolv. e Conclusão),
 - Identifica os objetivos do projeto na introdução do documento,
 - Expõe as questões relevantes no desenvolvimento do documento,
 - Sistematiza os resultados obtidos na conclusão do documento.
- Fundamentação e rigor conceptual
 - Utiliza uma terminologia científica adequada,
 - Recorre a várias fontes de informação,
 - Revela clareza na interpretação de conceitos,
 - Revela espírito inovador nas propostas apresentadas,
 - Revela capacidade de síntese.
- Capacidade de reflexão e análise crítica
 - Apresenta uma visão crítica do trabalho e dos resultados obtidos,
 - Justifica as opções tomadas,
 - Levanta questões pertinentes para trabalhos futuros.
- Formatação e apresentação gráfica
 - Apresenta o texto rigorosamente formatado,
 - Revela qualidade na escrita,
 - Utiliza elementos gráficos de apoio ao texto (figuras, tabelas, etc.),
 - Aborda os conceitos de uma forma criativa.
- Respeito pelas regras de produção académica
 - Utiliza uma linguagem própria,
 - Apresenta referências em todos os elementos gráficos,
 - Inclui todas as referências citadas na bibliografia.
- Cumprimento de prazos e condições de entrega
 - Entrega o relatório no prazo estipulado,
 - Respeita o número de páginas previsto.

Na avaliação do relatório final entregue pelos alunos, será tida em consideração a capacidade de resposta às questões e orientações levantadas pelo tutor e pelos docentes face ao trabalho apresentado anteriormente.

Nas apresentações, para além dos critérios acima referidos, a capacidade de comunicação e a criatividade serão também objeto de avaliação e classificação.

*A gravidade explica os movimentos dos planetas,
mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento.*

Isaac Newton (1642-1727)

8. REFERÊNCIAS

- [1] Bologna Declaration. *The European Higher Education Area*, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Bologna, 19 June 1999.
- [2] Lima, R.M., Carvalho, D., Flores, M.A., van Hattum-Janssem, N., A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), pp. 337-347, 2007.
- [3] Teixeira, J.C.F., Silva, J.F., Flores, P., Development of Mechanical Engineering Curricula at the University of Minho. *European Journal of Engineering Education*, 32(5), 539-549, 2007.
- [4] Barbosa, F.V., Lobarinhas, P.A.M., Teixeira, S.F.C.F., Teixeira, J.C.F., Project-Based Learning in a Mechanical Engineering Course: A new proposal based on student's views. *Intern. Journal of Mechanical Engineering Education*, 50(4), 767-804, 2022.
- [5] Flores, M.A., Barros, A., Simão, A.M.V., Pereira, D., Flores, P., Fernandes, E., Costa, L., Ferreira, P.C., Portuguese higher education students' adaptation to online teaching and learning in times of the COVID-19 pandemic: personal and contextual factors. *Higher Education*, 83(6), 1389-1408, 2022.
- [6] Silva, F.S., *Como colocar a Universidade no centro do progresso de Portugal*. Publindústria, Porto, 2012.
- [7] Powell, P., *From classical to project-led education*. In: Pouzada, A.S. (ed.). Project based learning: project-led education and group learning. Guimarães, Editora da Universidade do Minho, 11-40, 2000.
- [8] Flores, M.A., Carvalho, A.A., Arriaga, C., Aguiar, C., Alves, F.F., Viseu, F., Morgado, J.C., Costa, M.J., Morais, N., *Perspectivas e estratégias de formação de docentes do Ensino Superior. Um estudo na Universidade do Minho*. Universidade do Minho, Braga, 97 p., 2006.
- [9] Wallace, S., Gravells, J., *Professional Development. Lifelong Learning Sector: Mentoring*. Learning Matters, 2005.
- [10] Powell, P.C., Assessment of team-based projects in project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 29(2), 221-230, 2004.
- [11] Universidade do Minho (2022) Consultado em 30 de outubro de 2022. Disponível em <https://www.uminho.pt/PT/ensino/oferta-educativa/paginas/licenciaturas-e-mestrados-integrados.aspx>
- [12] Flores, P., *Da Breve História da Integradora II*. Publindústria, Porto, 2018.
- [13] Espinar, R.S. (Coord.), *Manual de Tutoría Universitaria. Recursos para la acción*. Barcelona: Octaedro/ICE-UB, 2004.
- [14] Shepard, S.D., *Mechanical dissection: an experience in how things work. Proceedings of the Engineering Education Conference on Curriculum Innovation and Integration*, Jan. 6-10, 1992, Santa Barbara, CA, 1992.
- [15] Shigley, J.E., Mischke, C.R., *Mechanical Engineering Design*. 5th Edition, McGraw-Hill, New York, 1989.
- [16] Johnson, D.W., Johnson, F.P., *Joining together. Group theory and group skills*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991.