

## **Capítulo 4**

# **APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O presente capítulo tem por objectivo apresentar e analisar os resultados que foram obtidos no decurso do trabalho de investigação realizado. Procurou-se elaborar uma apresentação racional, conducente a uma leitura e interpretação claras, com o intuito de tentar encontrar respostas para as questões de investigação formuladas.

No desenrolar deste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da realização dos pré-testes que, confrontados com as opiniões manifestadas pelos alunos no inquérito por questionário, poderão contribuir para a caracterização do estado de partida dos alunos, neste seu encontro/reencontro com a Física ao nível do Ensino Superior.

Serão também objecto de análise e discussão os resultados referentes aos registos elaborados nos vários contactos presenciais entre o professor-investigador e os alunos, resultantes de anotações no momento das ocorrências e de uma organização mais cuidada efectuada no final de cada sessão de trabalho. Incluem-se igualmente os registos resultantes da utilização do correio electrónico, na interacção entre professor e alunos.

Os resultados recolhidos a partir dos trabalhos de casa realizados, os provenientes da componente laboratorial, nomeadamente projectos apresentados, relatórios, apresentações e debates, também terão lugar de realce neste capítulo.

É de salientar, igualmente, a informação reunida a partir dos mini-testes e provas de avaliação, a qual contribuiu para a análise da evolução na aquisição de determinadas competências.

As entrevistas individuais efectuadas na parte final do semestre antes do início do período de avaliações permitiram complementar, de forma

sistemática, o conhecimento acerca das opiniões dos alunos em relação às várias vertentes relacionadas com este projecto de investigação.

Julgamos importante, na introdução a este capítulo, sublinhar que todo o trabalho desenvolvido, embora integrando um projecto de investigação e tendo por base determinadas questões a que se procura dar resposta, tenta ir para além desse objectivo. Por um lado, procura apresentar a importância das questões pedagógicas, num nível de ensino em que muitas vezes são remetidas para segundo plano; por outro, tenta mostrar que determinadas acções destinadas a promover a aquisição de competências e o consequente sucesso dos alunos podem ser perfeitamente implementadas na prática lectiva de qualquer docente, num período de grandes transformações no Ensino Superior, em que ao aluno é teoricamente conferido o papel central no processo de ensino e aprendizagem.

#### **4.1. A situação inicial dos alunos**

A investigação efectuada contou com a participação, tal como foi referido no capítulo anterior, de alunos com percursos académicos anteriores diversificados, no domínio da Física. Procurou estabelecer aqui um retrato, tanto quanto possível exaustivo do estado inicial dos alunos, no que tem a ver com o domínio de conceitos de base, relacionados com os temas a abordar nos diversos capítulos integrantes do programa.

Com este intuito, tendo por base a experiência acumulada ao longo de alguns anos de docência neste nível de ensino e como suporte toda uma

vasta gama de exemplos existentes na literatura, alguns disponíveis na Internet, elaboraram-se pré-testes, resolvidos pelos alunos e posteriormente discutidos com o professor-investigador. Os dados obtidos foram também confrontados com as opiniões dos alunos, manifestadas no questionário preenchido no início do semestre.

#### **4.1.1. Pré-testes**

O programa da unidade curricular de Mecânica I dos cursos de licenciatura em Engenharia Mecânica e Engenharia e Gestão Industrial (Anexo 2), encontra-se, como antes se assinalou, dividido em seis capítulos:

- Medidas físicas
- Cinemática do ponto material
- Dinâmica do ponto material
- Impulso e momento linear
- Trabalho e energia
- Cinemática e dinâmica da rotação

Em relação a cada um destes capítulos foi elaborado um pré-teste (Anexo 4), constituído por seis questões/exercícios de escolha múltipla. Para cada questão/exercício existiam cinco opções de resposta, sendo uma delas a correcta. Antes do início da abordagem de cada capítulo, foi

solicitado aos alunos que tentassem resolver o correspondente pré-teste. Recomendou-se aos alunos que procurassem não responder ao acaso, optando por deixar sem resposta as questões/exercícios que não soubessem resolver.

### Pré-teste sobre Medidas físicas

A estrutura deste pré-teste procurou contemplar, fundamentalmente, os seguintes assuntos: conhecimento de grandezas físicas, identificação de unidades, conversão de unidades, utilização da notação científica e coerência de unidades em expressões.

Na Figura 23, são apresentadas para cada uma das questões formuladas, as percentagens de respostas correctas em cada um dos turnos.

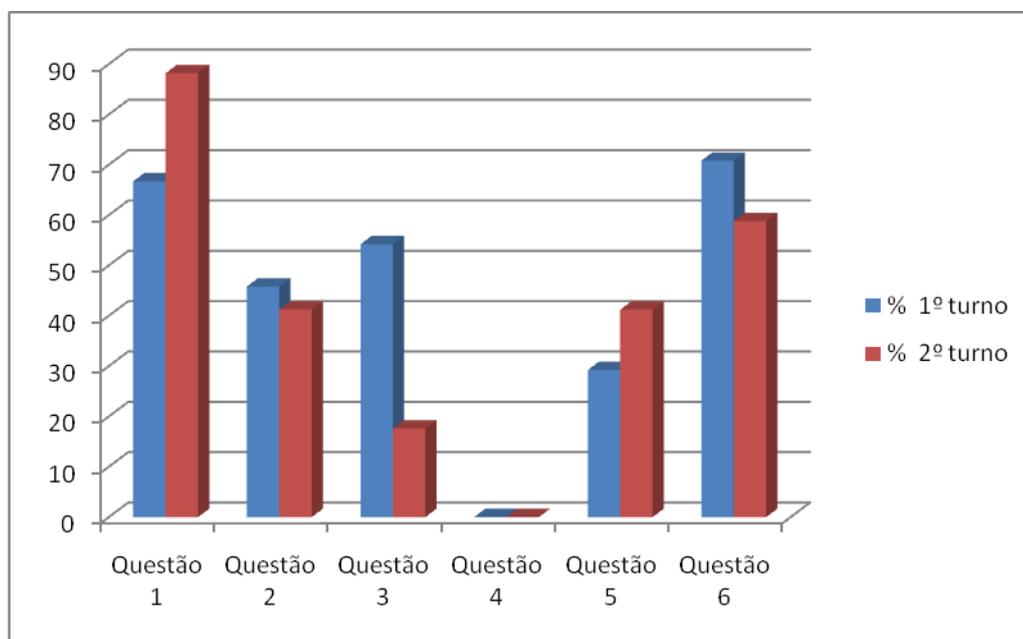


Figura 23 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Medidas físicas

Como se pode verificar através do gráfico anterior, o padrão de respostas correctas apresentadas pelos alunos de ambos os turnos foi semelhante.

Surge como excepção a questão 3 que envolveu o cálculo do volume de uma caixa cúbica, sendo fornecida a medida da aresta em centímetro. As opções de resposta surgiam em metro cúbico, pelo que os alunos tinham de efectuar o cálculo do volume e também proceder à necessária conversão de unidades. Como resultado da análise das respostas erradas e com especial incidência no 2º turno, concluiu-se que a maior dificuldade dos alunos estava relacionada com a conversão de unidades.

Esta situação voltou a estar patente na questão 5, agora sendo os alunos do 1º turno a mostrar um pouco mais de dificuldades.

Em relação à questão 2, as respostas correctas em ambos os turnos foram superadas pelas respostas erradas. Esta questão, há que o referir, pretendia unicamente relacionar uma grandeza física, neste caso a pressão, com a respectiva unidade derivada do Sistema Internacional.

No entanto, a partir da observação da Figura 23, um dos aspectos que ressalta de imediato é o facto de a questão 4 não ter tido, em qualquer dos turnos, uma única resposta correcta.

Por esse motivo, julgamos ser de todo o interesse transcrever a questão e procurar compreender a razão deste resultado.

4. Durante um curto intervalo de tempo, a velocidade de um automóvel  $v$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) é dada pela expressão  $v = at^2 + bt^3$ , com  $t$  em segundo. As unidades de  $a$  e  $b$  são, respectivamente:

**A** –  $\text{ms}^2$  e  $\text{ms}^4$

**B** –  $\text{s}^3\text{m}^{-1}$  e  $\text{s}^4\text{m}^{-1}$

**C** –  $\text{ms}^{-2}$  e  $\text{ms}^{-3}$

**D** –  $\text{ms}^{-3}$  e  $\text{ms}^{-4}$

**E** –  $\text{ms}^{-4}$  e  $\text{ms}^{-5}$

Conforme referido, as várias questões integrantes dos pré-testes foram, após efectuada a respectiva resolução pelos alunos, analisadas e discutidas. Sobre a discussão desta questão em concreto, torna-se interessante apresentar as observações dos alunos A19 e B10:

A19: “ Não percebi o significado do  $a$  e  $b$ . Agora depois de explicado é fácil!”

B10: “ Pensei que o  $a$  era a aceleração.”

Em suma há a sublinhar que os alunos denotaram dificuldades, em maior ou menor grau, sempre que foram solicitados a responder a questões que envolviam a manipulação de expressões menos familiares e respectiva relação com as unidades (questões 2 e 4), assim como no recurso a cálculos baseado na notação científica (questões 3 e 5). Como se pode verificar, as respostas correctas que se situaram em percentagens mais elevadas ocorreram nas questões que fizeram apelo a unidades de grandezas físicas mais conhecidas (questão 1) ou que implicaram o recurso a expressões relacionadas com situações mais comuns (questão 6), tendo por base um conhecimento tácito.

### Pré-teste sobre Cinemática do ponto material

Os temas que este pré-teste procurou abranger foram basicamente os seguintes: conhecimento de grandezas cinemáticas, correspondente cálculo a partir da análise de gráficos, caracterização de movimentos a partir da respectiva representação gráfica, lançamento vertical de projecteis e movimento circular.

Considerando a Figura 24 e analisando, para as diferentes questões formuladas, as percentagens de respostas correctas em cada um dos turnos, pode constatar-se que se verificou um padrão semelhante para ambos, evidenciando um conhecimento tácito.

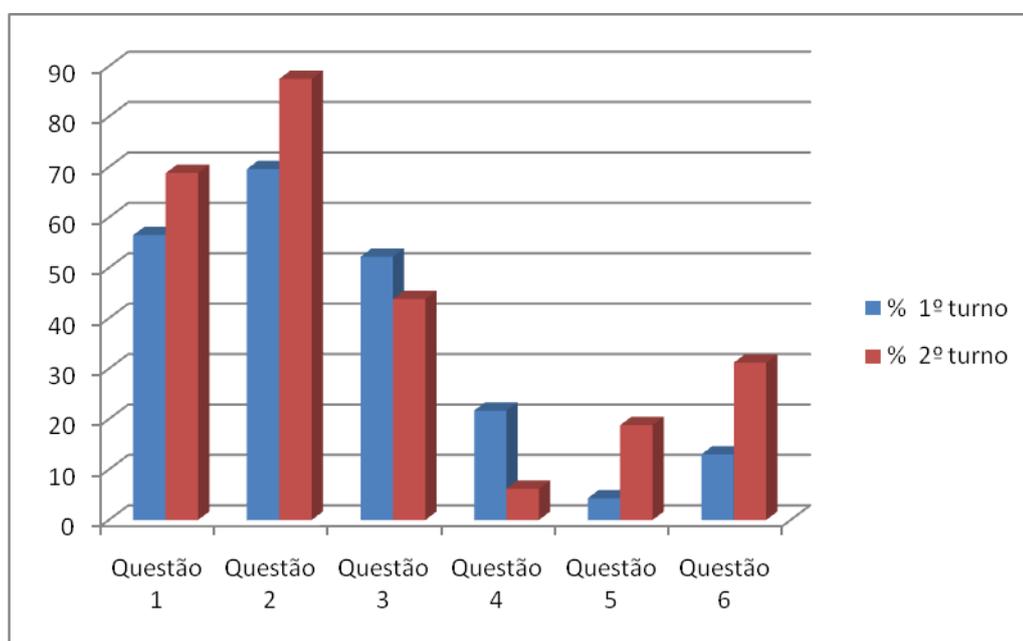


Figura 24 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Cinemática do ponto material

As questões 4, 5 e 6 apresentaram uma percentagem de respostas correctas claramente inferior às três primeiras questões. Os alunos mostraram dificuldades em caracterizar o movimento de uma partícula a partir da análise gráfica (questão 4), apresentaram significativas dúvidas relacionadas com o lançamento vertical de projecteis (questão 5) e também foi possível verificar que não dominavam os conceitos relacionados com o movimento circular (questão 6).

Em relação à caracterização do movimento de uma partícula com base na análise gráfica, pode observar-se na Figura 25 o gráfico que constituía o cerne da questão 4.

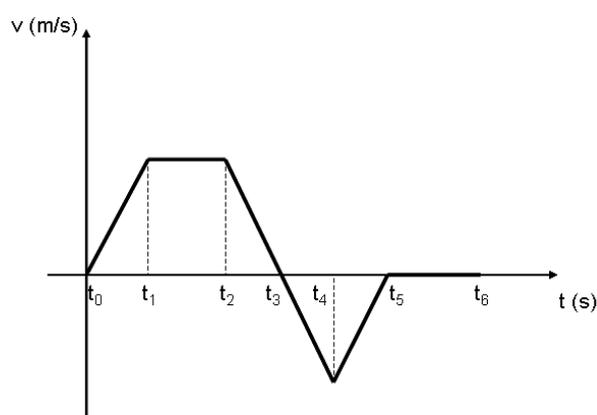


Figura 25 – Gráfico da questão 4 do Pré-teste Cinemática do ponto material

Os alunos evidenciaram manifestas dificuldades em compreender a situação de inversão do sentido de movimento, bem como em caracterizar correctamente o movimento, quando este ocorria no sentido negativo.

Em relação à questão 5, em ambos os turnos, embora com maior incidência no 1º turno, a maioria dos alunos seleccionou como correcta a opção B. Trata-se de um erro frequente, resultante de um raciocínio que leva os alunos a pensar que o facto de a velocidade se anular no ponto de altura máxima de um lançamento vertical tem como consequência a anulação da aceleração da gravidade.

A questão 6 envolvia conceitos relacionados com o movimento circular. Uma vez mais, de entre as opções erradas escolhidas, existiu uma que constituiu escolha maioritária dos alunos, também em ambos os turnos e de novo com maior incidência no 1º turno. A opção B afirmava que a velocidade angular das moedas era diferente. Na situação exposta, duas moedas encontravam-se sobre um prato em rotação de um gira-discos, a diferentes distâncias do centro de rotação. Esta escolha revelou que conceitos básicos relacionados com o movimento circular não estavam devidamente clarificados na mente dos alunos.

Em relação às três primeiras questões que obtiveram mais elevadas percentagens de respostas correctas há que destacar a questão 2, na qual se pretendia que os alunos efectuassem o cálculo da velocidade escalar média, tendo por base um gráfico representativo da variação da velocidade em função do tempo. Foi nesta questão que os alunos apresentaram menores dificuldades, consequência provável do seu conhecimento sobre o assunto, reflexo de conceitos assimilados no seu anterior percurso académico.

A questão 1 aborda a distinção entre deslocamento e distância percorrida, numa situação que envolve a inversão do sentido do movimento considerado. Ainda que em ambos os turnos a percentagem de respostas

correctas se situe acima dos 50%, com alguma vantagem para o 2º turno, há que registar que relativamente à 2ª questão e em ambos os turnos, esta percentagem é inferior.

A questão 3 recorre à mesma situação e ao mesmo gráfico da questão 2. Solicita o cálculo da aceleração para um determinado intervalo de tempo. As percentagens de respostas correctas situam-se em 52,2% para o 1º turno e em 43,8% para o 2º turno, superiores às obtidas para as questões 4, 5 e 6, mas no entanto a reflectirem bastantes dificuldades por parte dos alunos.

Em resumo pode salientar-se que os alunos apresentavam significativas lacunas nos seus conhecimentos de Cinemática do ponto material, com especial incidência na análise e utilização de gráficos no cálculo de grandezas cinemáticas, bem como na percepção da variação dessas mesmas grandezas no decorrer de movimentos.

### **Pré-teste sobre Dinâmica do ponto material**

Os assuntos abordados neste pré-teste foram genericamente os seguintes: as leis de Newton e sua aplicação, análise dos efeitos produzidos por forças com base em gráficos, interpretação de diagramas de corpo livre e acção de forças de atrito.

Em função da reflexão efectuada sobre a informação contida na Figura 26 pôde também identificar-se a existência de um padrão semelhante para ambos os turnos.

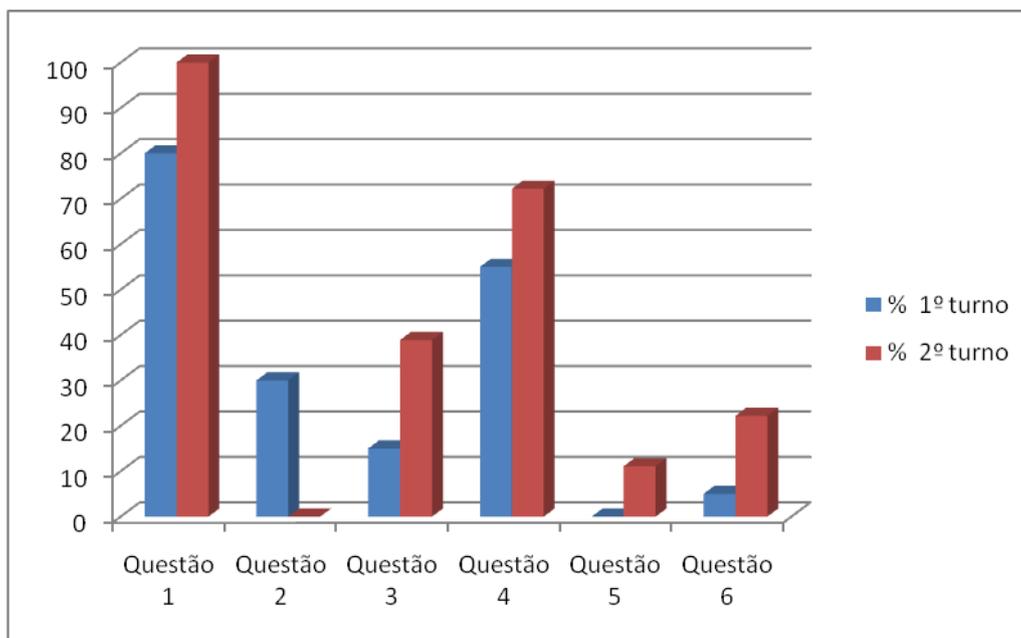


Figura 26 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Dinâmica do ponto material

Em relação aos pré-testes sobre Medidas físicas e Cinemática do ponto material salienta-se que, em qualquer dos turnos, no pré-teste sobre Dinâmica do ponto material, a percentagem de respostas correctas diminuiu sensivelmente, revelando maiores lacunas na estrutura conceptual dos alunos neste capítulo.

De realçar também o facto de a questão 2 no 2º turno e a questão 5 no 1º turno não terem obtido qualquer resposta correcta.

As questões que mais dificuldades suscitaram foram as questões 2, 3 5 e 6.

A questão 2 pretendia que os alunos a partir da análise do gráfico intensidade de força *versus* tempo, representado na Figura 27, procurassem caracterizar o movimento de um corpo sob a acção dessa força, no intervalo de tempo compreendido entre 1,0 e 3,0 segundos.

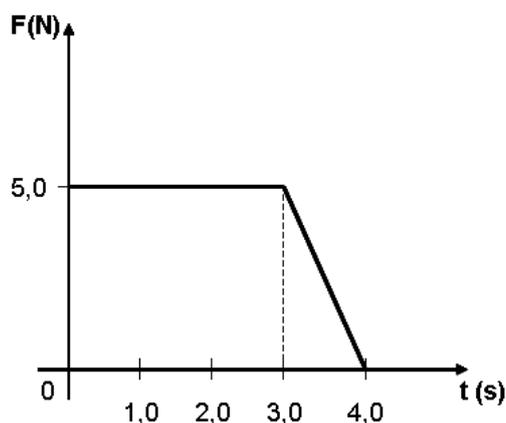


Figura 27 – Gráfico da questão 2 do Pré-teste Dinâmica do ponto material

Em ambos os turnos, a esmagadora maioria dos alunos seleccionou erradamente a opção que indicava o movimento como rectilíneo e uniforme, considerando a existência de uma relação directa da intensidade da força com a velocidade e não com a aceleração.

A questão 3, cujo esquema gráfico se encontra representado na Figura 28, evidenciou que uma considerável parte dos alunos não conseguiu aplicar correctamente a relação fundamental da dinâmica.

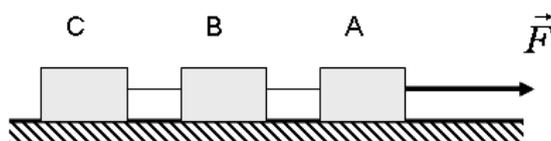


Figura 28 – Esquema relativo à questão 3 do Pré-teste Dinâmica do ponto material

Considerou-se um sistema constituído por três corpos com massas iguais, actuado por uma força resultante de intensidade  $F$ . A resposta incorrecta, que reuniu em ambos os turnos a quase totalidade das opções erradas, referia que sobre o corpo B actuaria uma força resultante, também ela de intensidade  $F$ .

No que diz respeito à questão 5, a análise das respostas obtidas deixou claro que os alunos não dominavam correctamente os conceitos relacionados com a natureza das forças de atrito. Em particular destaca-se o facto de larga maioria considerar que a área de contacto entre dois corpos teria influência na intensidade das forças de atrito entre eles.

Na Figura 29 encontra-se representado o esquema gráfico referente à questão 6. Em relação a esta questão, há que registar que todos os alunos, dos dois turnos, que não escolheram a opção correcta, seleccionaram a mesma opção errada.

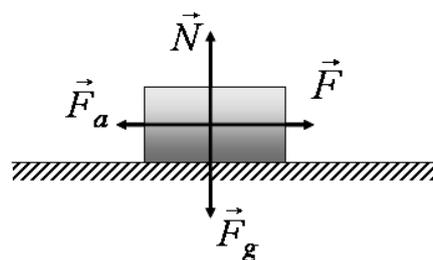


Figura 29 – Esquema relativo à questão 6 do Pré-teste Dinâmica do ponto material

Ainda que fosse referido que o corpo se deslocava com velocidade constante, os alunos seleccionaram erradamente a opção  $F > F_a$  e  $N = F_g$ . Deste modo, evidenciou-se o facto de não reconhecerem a resultante de um sistema de forças e não terem conseguido aplicar correctamente a relação fundamental da dinâmica.

As questões 1 e 4, com mais destaque para a primeira, obtiveram em qualquer dos turnos percentagens de respostas correctas superiores a 50,0%. Tratava-se de questões que envolviam a aplicação directa de conceitos respeitantes às leis de Newton.

Em conclusão pode afirmar-se que se continuaram a identificar no pré-teste relativo ao capítulo Dinâmica do ponto material as dificuldades, já evidenciadas pelos alunos no pré-teste sobre Cinemática do ponto material, acerca da análise de gráficos e da sua utilização na resolução das situações apresentadas. A necessidade do recurso às leis de Newton na resolução de questões um pouco mais elaboradas colocou igualmente a descoberto, algumas lacunas na sua correcta aplicação, o que contrastou com situações que envolveram respostas directas. Em relação ao atrito os alunos mostraram igualmente não serem capazes de relacionar correctamente os conceitos que lhe respeitam.

### Pré-teste sobre Impulso e momento linear

Este pré-teste procurou testar os conhecimentos dos alunos nos seguintes conteúdos: momento linear e respectiva conservação, impulso de uma força e variação do momento linear e colisões. Os resultados obtidos encontram-se sintetizados no gráfico da Figura 30.

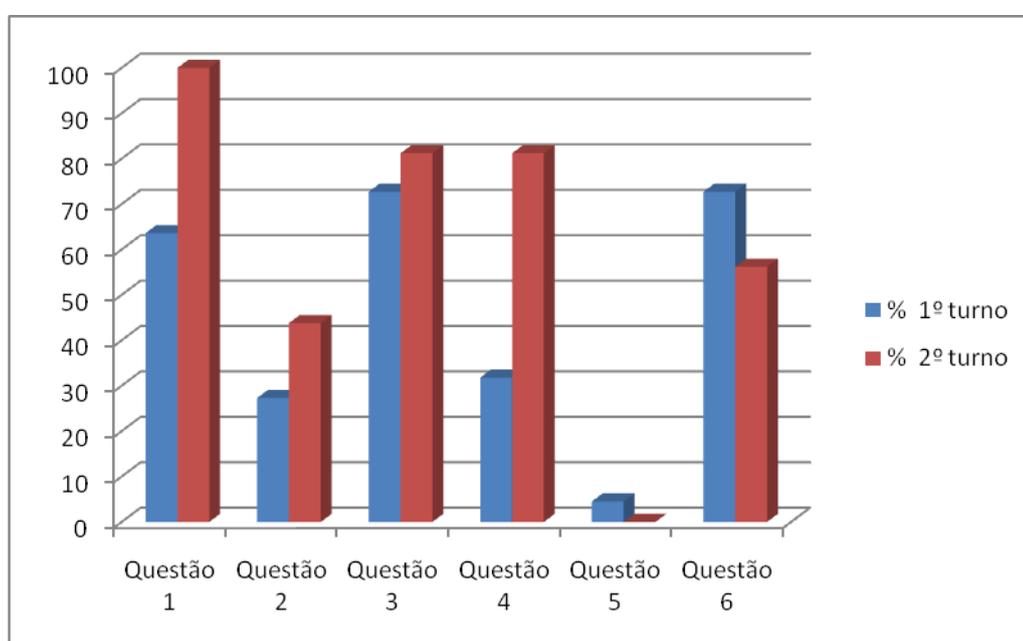
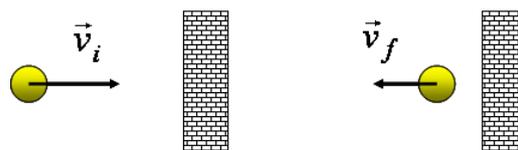


Figura 30 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Impulso e momento linear

A partir da respectiva análise, pode verificar-se que os alunos de ambos os turnos apresentaram maiores dificuldades nas questões 2 e 5, sobretudo nesta última. A questão 4 também obteve uma percentagem de respostas correctas inferior a 50% no 1º turno.

É de salientar a reduzida percentagem de respostas correctas relativas à questão 5. Nesta questão, procurou-se testar a noção de impulso de uma força e respectiva relação com a variação do momento linear de uma partícula, conforme se pode observar na Figura 31.

5. Uma bola de 500 g de massa colide com uma parede e inverte o sentido inicial do seu movimento. O valor da velocidade da bola, antes de colidir com a parede, era de 10 m/s. Após a colisão, a bola passou a ter um valor de velocidade de 4 m/s. A intensidade do impulso sofrido pela bola foi de:



- A – 2,0 N.s
- B – 5,0 N.s
- C – 0,0 N.s
- D – 3,0 N.s
- E – 7,0 N.s

Figura 31 – Questão 5 do Pré-teste Impulso e momento linear

Curiosamente, mais de metade dos alunos do 2º turno optou por não responder à questão, não tendo ocorrido nenhuma resposta correcta neste turno. Os alunos do 1º turno escolheram, numa larga maioria, uma opção que estava incorrecta porque não tinha em linha de conta a natureza vectorial das grandezas envolvidas.

Também através da análise das opções escolhidas erradamente, em ambos os turnos, no que diz respeito à questão 2, se pode constatar que a opção errada mais frequente evidencia de igual modo essa lacuna em termos vectoriais.

Já no que diz respeito à questão 4, em que as dificuldades foram claramente mais sentidas pelos alunos do 1º turno, estava em causa a análise de um gráfico intensidade do momento linear *versus* tempo. Os alunos foram confrontados com a necessidade de calcular a intensidade da força, que em determinado intervalo de tempo actuava num corpo. A maioria dos alunos desse turno considerou a variação da intensidade do momento linear coincidente com a intensidade da força actuante.

As questões 1, 3 e 6 resolvidas com maior sucesso pelos alunos envolviam o conceito de intensidade do momento linear (questão 1), o efeito da conservação do momento linear, no caso do disparo de uma arma por um sujeito em repouso sobre uma superfície sem atrito (questão 3) e a colisão perfeitamente inelástica entre dois corpos em movimento rectilíneo e a deslocarem-se no mesmo sentido (questão 6).

Em síntese pode afirmar-se que, os alunos evidenciaram lacunas sobretudo ao nível da percepção da natureza vectorial de grandezas físicas como o momento linear de uma partícula e o impulso de uma força. Alguns alunos denotaram também, como havia sucedido em pré-testes de capítulos anteriores, dificuldades em analisar e efectuar cálculos com base em informação obtida a partir de um gráfico.

### **Pré-teste sobre Trabalho e energia**

Este pré-teste teve como objectivo aquilatar os conhecimentos dos alunos relacionados com os seguintes conceitos: trabalho, energia cinética,

energia potencial gravítica, conservação da energia mecânica e potência. O gráfico da Figura 32 apresenta os resultados que foram obtidos.

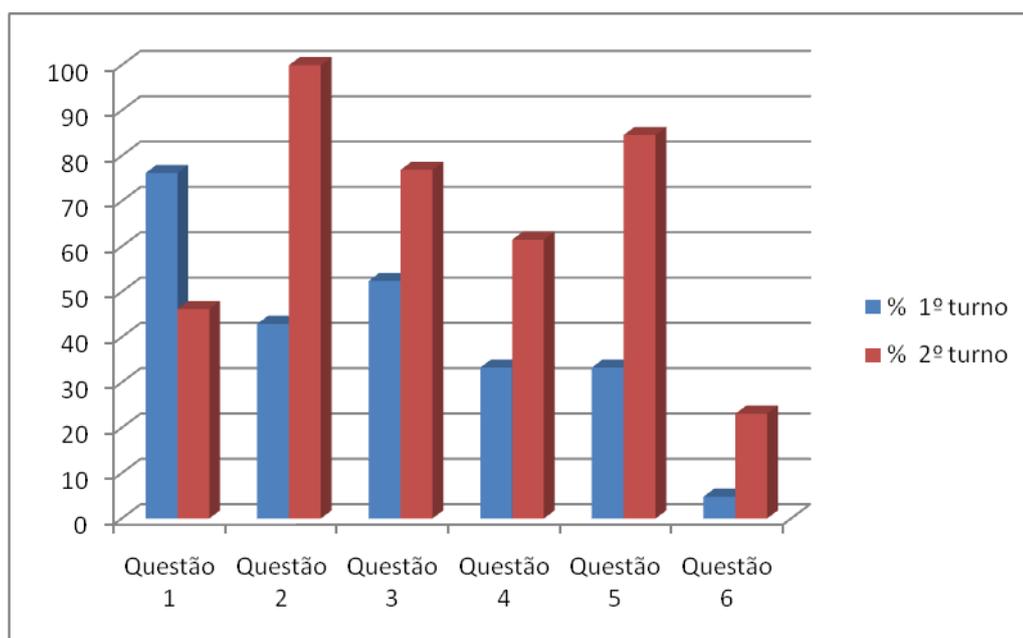


Figura 32 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Trabalho e energia

Numa primeira abordagem, pode verificar-se que a percentagem de respostas correctas, com excepção da questão 1, foi sempre inferior no 1º turno. A questão 1 foi a única que não envolveu cálculos, tendo estado em causa a análise da situação em que uma força realiza ou não trabalho.

De realçar, igualmente, a reduzida percentagem de respostas correctas em ambos os turnos no que tem a ver com a questão 6, representada na Figura 33.

6. Uma escada rolante transporta, em média, 20 pessoas por minuto, entre dois pisos de um edifício, separados por uma altura de 5 m. Considerando que cada pessoa tem a massa de 60,0 kg e desprezando o atrito, a potência necessária é de:

- A – 60000 W
- B – 100 W
- C – 1000 W
- D – 12000 W
- E – 200 W



Figura 33 – Questão 6 do Pré-teste Trabalho e energia

Esta questão incidia de forma clara sobre o conceito de potência, o qual manifestamente não era compreendido pela maioria dos alunos. Uma parte das respostas erradas ignorava a necessidade de recorrer ao intervalo de tempo para o cálculo da potência, outra parte nem sequer considerou o trabalho efectuado pelas forças actuantes.

Em relação às restantes questões ficou claro que os alunos do 1º turno apresentaram maiores dificuldades em calcular o trabalho realizado por uma força (questão 2), bem como em lidar com situações envolvendo a energia cinética (questão 3), a energia potencial gravítica (questão 4) e a conservação da energia mecânica (questão 5).

Em suma devem salientar-se as dificuldades que os alunos do 2º turno tiveram em relação à identificação das condições em que uma força realiza ou não trabalho físico. Também importa destacar que o conceito de potência não era claro para a maioria dos alunos de ambos os turnos. Em relação ao cálculo do trabalho realizado por uma força e a cálculos

envolvendo a conservação de energia mecânica, energia cinética e energia potencial gravítica, os alunos do 1º turno mostraram uma menor apetência que os seus colegas do 2º turno.

### Pré-teste sobre Cinemática e dinâmica da rotação

Os assuntos que este pré-teste procurou considerar foram essencialmente os seguintes: rotação de um corpo rígido, momento de inércia, momento de uma força, relação fundamental da dinâmica de rotação, momento angular e respectiva conservação e variação.

Considerando o gráfico da Figura 34 e efectuando a sua análise para as diferentes questões formuladas, podemos concluir que com a excepção das questões 2 e 5, em todas as outras os alunos mostraram lacunas.

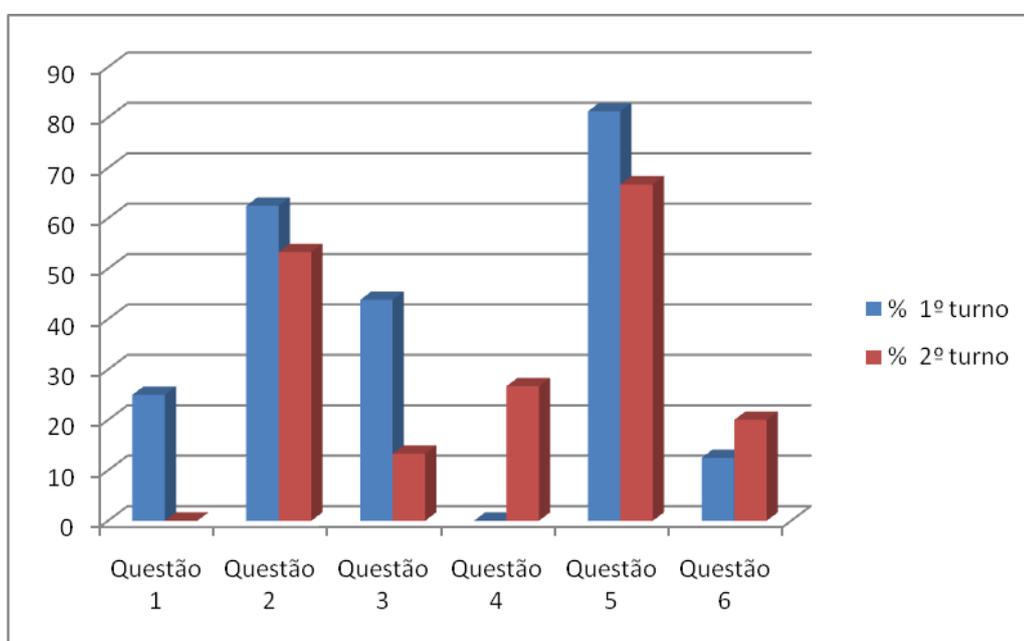


Figura 34 – Percentagens de respostas correctas no pré-teste Cinemática e dinâmica da rotação

Concretamente, e no que diz respeito à questão 1, nenhum aluno do 2º turno escolheu a opção correcta. No entanto, estavam unicamente em causa grandezas cinemáticas relativas ao movimento de rotação das partículas que constituem um corpo rígido, conforme se pode verificar a partir da transcrição da citada questão:

1. As partículas que constituem um corpo rígido em rotação possuem:

- A** – velocidade angular e aceleração angular iguais.
- B** – diferente velocidade angular e igual aceleração angular.
- C** – velocidades linear e angular iguais.
- D** – velocidade angular e aceleração linear iguais.
- E** – diferente velocidade linear e igual aceleração linear.

Ocorreu uma dispersão das respostas pelas opções erradas, ainda que tivessem sido mais escolhidas as opções **C** – velocidades linear e angular iguais. (no 1º turno); **B** – diferente velocidade angular e igual aceleração angular. e **E** – diferente velocidade linear e igual aceleração linear. (no 2º turno).

A questão 3 envolvia o conhecimento da relação fundamental da dinâmica de rotação numa aplicação puramente conceptual. A dispersão na escolha de opções erradas foi ainda mais significativa do que a ocorrida na questão 1.

Em relação à questão 4, pretendeu-se testar qual a percepção dos alunos em relação ao conceito de momento de uma força em relação a um

ponto. Em ambos os turnos a maioria dos alunos optou por não responder à questão, evidenciando nítidas lacunas em relação a este domínio.

Os resultados obtidos na questão 6 vieram confirmar o que foi concluído a partir da análise das respostas à questão 3. Nesta questão 6, que pressupunha o cálculo do valor da aceleração angular do movimento de um cilindro, sob a acção de uma força de intensidade conhecida, considerando de novo a relação fundamental da dinâmica de rotação, as dificuldades foram ainda mais notórias. Efectivamente, a quase totalidade dos alunos que não escolheu a opção correcta optou por nem sequer tentar responder à questão.

Apenas nas questões 2 e 5, em ambos os turnos, a percentagem de respostas correctas foi superior a 50,0%. A questão 2 procurou testar a noção que os alunos possuíam acerca de momento de inércia e a questão 5 envolveu as noções de momento angular, energia cinética de rotação e momento de inércia.

Em resumo tornou-se possível concluir que os alunos conheciam algumas grandezas físicas relacionadas com a Cinemática e dinâmica da rotação, como são os casos do momento de inércia, do momento angular e da energia cinética de rotação. Contudo já em relação ao conceito de momento de uma força as dificuldades foram evidentes. O mesmo sucedeu com a análise do movimento de rotação de um corpo rígido, quer do ponto de vista cinemático, quer numa perspectiva dinâmica.

No cômputo geral dos seis pré-testes realizados foi possível identificar várias lacunas na estrutura conceptual dos alunos que integram os dois turnos. Detectaram-se também algumas diferenças a esse nível, entre os turnos, conforme ressaltou da análise efectuada, relativa a cada um dos pré-testes.

Quanto ao primeiro pré-teste, Medidas físicas, há que registar as falhas identificadas nos alunos quando solicitados a manipular expressões menos familiares e a explicitarem as respectivas unidades. Os alunos mostraram também pouco à vontade quando tiveram de efectuar cálculos com valores expressos em notação científica.

Em relação à Cinemática do ponto material foi evidenciada a dificuldade dos alunos relativa à análise de gráficos e sua utilização no cálculo de grandezas cinemáticas. Os alunos apresentaram também falhas na interpretação da variação dessas mesmas grandezas no decorrer de movimentos.

Quanto aos temas relativos ao capítulo Dinâmica do ponto material identificaram-se também lacunas quando os alunos foram postos perante a necessidade de efectuarem a análise de gráficos e a eles recorrerem na resolução de situações colocadas. Problemas que envolveram a aplicação das leis de Newton, em determinados casos propostos, suscitaram claras dúvidas nos alunos, em contraste com questões que solicitavam respostas directas sobre o mesmo tema. Os conceitos relacionados com as forças de atrito também não se encontravam devidamente assimilados pelos alunos.

Relativamente aos assuntos que integram o capítulo Impulso e momento linear, as dificuldades mais evidentes que se detectaram nos alunos estavam relacionadas com a compreensão da natureza vectorial de grandezas físicas como o momento linear de uma partícula e o impulso de uma força. Em algumas situações surgiram, como já havia ocorrido em pré-testes de capítulos anteriores, dúvidas em interpretar gráficos e realizar cálculos com base em dados obtidos a partir da correspondente análise.

No que respeita ao capítulo Trabalho e energia e respectivos conteúdos devem salientar-se as dificuldades apresentadas pelos alunos em relação ao conceito de trabalho físico e correspondente cálculo. Os alunos evidenciaram lacunas respeitantes aos conceitos de conservação de energia mecânica, de energia cinética e de energia potencial gravítica. Também importa destacar as falhas detectadas relacionadas com o conceito de potência.

Relativamente à Cinemática e dinâmica da rotação foram notórias as lacunas detectadas em relação ao conceito de momento de uma força e à análise do movimento de rotação de um corpo rígido em termos cinemáticos e dinâmicos.

Como resultado da análise efectuada às respostas dadas pelos alunos dos dois turnos e numa perspectiva de identificar eventuais diferenças, pode afirmar-se que estas não são particularmente significativas.

Numa análise global tendo por base a totalidade das questões correspondentes aos seis pré-testes aplicados, a percentagem de respostas correctas no 1º turno situou-se em 39,2% enquanto no 2º turno foi de

46,7%. Deve salientar-se pela negativa o facto de ambas serem inferiores a 50,0%, aspecto mais significativo do que a diferença registada entre elas.

Existem no entanto alguns aspectos a diferenciar a prestação dos alunos de cada turno em determinadas questões de alguns pré-testes. Os alunos do 2º turno demonstraram uma maior dificuldade em converter unidades, como ficou patente no pré-teste Medidas físicas. Já os alunos do 1º turno apresentaram significativas lacunas na análise do gráfico intensidade do momento linear *versus* tempo, relativo à questão 4 do pré-teste sobre Impulso e momento linear. Relativamente ao pré-teste que versava sobre Trabalho e energia, com excepção da questão 1, respeitante ao conceito de trabalho físico, em todas as restantes a percentagem de respostas correctas foi superior no 2º turno. Aliás foi neste pré-teste que a diferença entre as percentagens médias de respostas correctas nos dois turnos foi mais elevada, conforme se pode observar no Quadro 8.

Quadro 8 – Percentagens médias de respostas correctas por pré-teste nos dois turnos

<b>Pré-teste</b>	<b>1º turno</b>	<b>2º turno</b>
Medidas físicas	44,5	41,2
Cinemática do ponto material	36,2	42,7
Dinâmica do ponto material	30,8	40,7
Impulso e momento linear	45,4	60,4
Trabalho e energia	40,5	65,4
Cinemática e dinâmica da rotação	37,5	30,0

De assinalar em relação ao pré-teste Cinemática e dinâmica da rotação, na sua questão 3, que abordava do ponto de vista conceptual a

relação fundamental da dinâmica de rotação, a melhor prestação dos alunos do 1º turno face aos do 2º turno.

Em relação aos pré-testes também é importante referir o testemunho dos alunos, recolhido em entrevista individual no final do semestre, antes do período de avaliação.

A8: “ Importantes para orientação do docente e também para os alunos que ficam com um conhecimento acerca das suas dificuldades.”

A19: “ Bom para orientação do professor. Os alunos ficam com uma ideia acerca dos conteúdos. Por vezes inicia-se uma matéria e não se percebe à partida.”

B8: “ Bem para avaliar a situação no início.”

De salientar também algumas opiniões que apontaram algumas críticas aos pré-testes:

A6: “ Bom para o professor, mas não tão bom para os alunos, porque podem eventualmente responder ao acaso.”

A9: “ São complicados porque há certos conceitos que não se recordam.”

A14: “ Não vi vantagem para mim, porque só tive Física até ao 9º ano.”

## **4.2. A intervenção**

Na sequência da reflexão sobre os resultados obtidos pelos alunos nos pré-testes relativos aos diversos capítulos integrantes do programa de Mecânica I, o professor-investigador procurou construir materiais e adoptar estratégias que contribuíssem para ultrapassar as dificuldades denotadas pelos alunos e conseguir a sua envolvência no estudo dos temas propostos,

efectuando a ligação, sempre que possível, com assuntos da área de Engenharia.

O capítulo 1 *Medidas físicas* constituiu um capítulo introdutório, de suporte para os capítulos seguintes, onde foram abordados os temas:

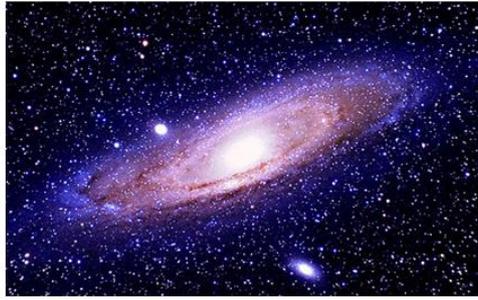
1- Unidades e prefixos;

2- Notação científica.

Conforme referido anteriormente a propósito da análise relativa aos resultados respeitantes ao correspondente pré-teste, os alunos revelaram dificuldades em relação à manipulação de unidades e à utilização da notação científica.

Entendeu o professor-investigador efectuar uma abordagem mais ampla sobre o assunto relativo às unidades, deixando para os capítulos seguintes especificidades relacionadas com a sua utilização prática. Já quanto ao tema *Notação científica* achou-se por bem esclarecer os alunos acerca das respectivas vantagens e correspondentes regras de utilização.

Uma área do conhecimento que motiva de uma forma geral os alunos é a Astronomia e, neste caso em particular, a curiosidade face à ordem de grandeza de certas distâncias. O problema proposto, apresentado na Figura 35, teve por objectivo que os alunos se apercebessem da vantagem em recorrerem à notação científica quando há necessidade de representar ou manipular valores elevados.



A Galáxia de Andrómeda encontra-se a cerca de dois milhões e novecentos mil anos-luz da Terra. Converta este valor em quilómetros e escreva o resultado em notação científica.



Figura 35 – Diapositivo ilustrando uma questão sobre notação científica

No debate que se seguiu clarificou-se igualmente o recurso à notação científica para o caso de valores reduzidos. Em seguida, utilizando vários exemplos, envolvendo valores representados em notação científica os alunos efectuaram diversas operações de cálculo e constataram a maior facilidade com que manipulavam esses valores. No entanto não deixaram de manifestar, de um modo geral, a sua simpatia pela utilização das máquinas de calcular. Na sequência destas opiniões teve o professor-investigador a oportunidade de mostrar o interesse do conhecimento da notação científica, mesmo no uso das calculadoras.

No capítulo 2 do programa de Mecânica I, *Cinemática do Ponto Material*, foram objecto de estudo, os assuntos que em seguida se referem de forma resumida:

- 1- Ponto material;

- 2- Posição, velocidade e aceleração;
- 3- Movimentos unidimensionais e movimentos no plano: movimento de projectil e movimento circular.

Tal como salientado na análise das respostas dos alunos ao pré-teste que antecedeu o estudo deste capítulo 2, verificou-se que os alunos mostraram consideráveis dificuldades relacionadas com alguns temas no âmbito da Cinemática do ponto material, com destaque para a compreensão de gráficos e sua utilização no cálculo de grandezas cinemáticas. Também ficou evidente que os alunos evidenciaram lacunas relacionadas com a interpretação da variação de grandezas cinemáticas no decurso de movimentos.

O professor-investigador teve presentes as conclusões obtidas a partir dos resultados do pré-teste e fez igualmente uso da sua experiência lectiva neste nível de ensino, para elaborar os diapositivos de suporte às aulas e seleccionar os exercícios e problemas correspondentes a este capítulo.

Os conceitos de deslocamento e espaço percorrido motivam frequentes dúvidas na mente dos alunos, particularmente quando se trata de os aplicar numa situação concreta. São comuns respostas como as que foram obtidas, na sequência da questão colocada aos alunos, que os convidava a estabelecer uma distinção clara entre deslocamento escalar e espaço percorrido:

A5: “ O deslocamento é o  $\Delta s$ .”

B10: “ Deslocamento é a posição final menos a inicial.”

Tendo em vista o debate relativamente aos citados conceitos, construiu o professor-investigador no *Power Point* uma animação que pudesse contribuir para ultrapassar esta dificuldade detectada. Conforme se pode observar na sequência apresentada na Figura 36 a partícula sofre uma inversão do sentido do movimento, pretendendo com esta opção colocar os alunos perante uma situação em que é usual surgirem maiores dificuldades.

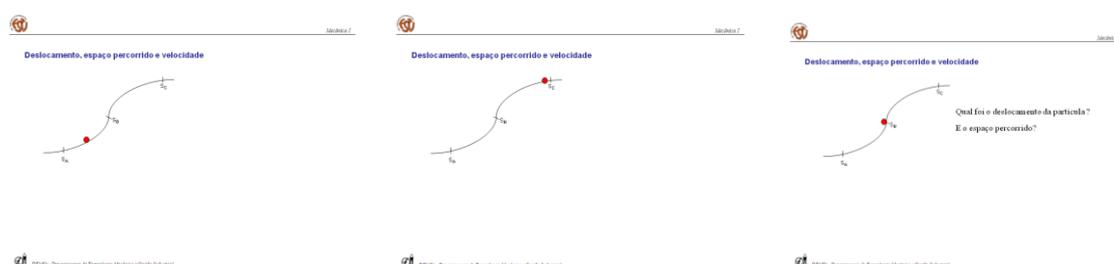


Figura 36 – Sequência de imagens de uma animação respeitante aos conceitos deslocamento escalar e espaço percorrido

A reacção dos alunos foi muito positiva em qualquer dos turnos, nomeadamente quando os estudantes foram questionados sobre outras situações mais próximas da realidade quotidiana e envolvendo os mesmos conceitos, como seja o caso de exemplos com recurso a percursos de automóvel. Alguns exercícios de aplicação simples, resolvidos pelos alunos, completaram a abordagem do assunto.

Na sequência da noção de deslocamento escalar, os conceitos de velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea foram inicialmente abordados recorrendo novamente ao exemplo automóvel e às vivências dos alunos. Estes facilmente conseguiram resolver mentalmente o cálculo da velocidade escalar média para o caso de uma viagem de

automóvel, conhecidos o tempo de percurso e a distância entre duas localidades. Também ficou claro o conceito de velocidade escalar instantânea através da leitura imaginária do valor assinalado pelo velocímetro de um automóvel. As dificuldades avolumaram-se quando no percurso do automóvel o local de partida e o local de chegada coincidiram, tendo sido colocada a questão do cálculo da velocidade escalar média para esse percurso. Contudo a noção de deslocamento escalar nulo que alguns (poucos) alunos referiram, lançou luz sobre o assunto e a aceitação de um resultado igual a zero para o citado cálculo foi compreendida.

Mais complexa para os alunos foi, como seria de esperar na sequência do observado no pré-teste, a abordagem dos conceitos de velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea a partir da análise gráfica. A estratégia implementada encontra-se ilustrada na Figura 37 pelas imagens em sequência do diapositivo apresentado aos alunos.

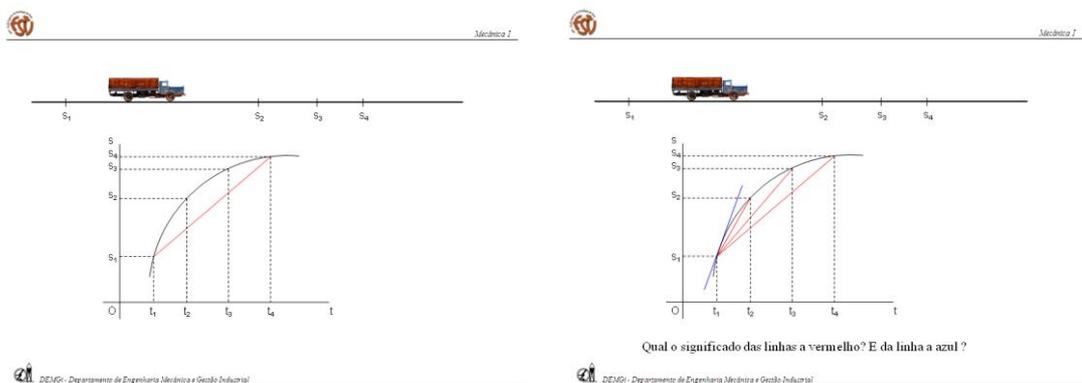


Figura 37 – Sequência de imagens de uma animação respeitante aos conceitos de velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea

Tendo por base o caso do movimento de um camião, cuja posição em função do tempo se encontrava representada num gráfico, solicitou-se aos alunos que a partir desse gráfico explicassem como poderiam calcular a velocidade escalar média do camião para um determinado intervalo de tempo e posteriormente a velocidade escalar instantânea. As dificuldades foram notórias em qualquer dos turnos. Após alguns minutos de debate os alunos concluíram que poderiam efectuar o cálculo da velocidade escalar média a partir das posições registadas no gráfico para dois instantes de tempo distintos. No entanto não conseguiram explicar a relação entre a recta traçada a vermelho na imagem do lado esquerdo da Figura 37 e a velocidade escalar média. O professor-investigador prosseguiu com a apresentação da animação, na qual foram surgindo mais rectas traçadas a vermelho e finalmente a recta tangente à curva, traçada a azul. Questionados novamente os alunos, num dos turnos um dos alunos fez a seguinte afirmação:

B3: “ Penso que essa recta tangente tem a ver com a velocidade instantânea, mas não me lembro bem...”

Fazendo uso desta intervenção do aluno tentou o professor-investigador que os alunos recordassem alguns conceitos matemáticos, nomeadamente o de declive de uma recta e o de derivada de uma função num ponto, de modo a que estabelecessem a ponte com a situação física em debate. Contudo, apenas quando se relacionou a equação de definição da velocidade escalar média com a tangente do ângulo formado entre uma das rectas traçadas a vermelho e o eixo do tempo, alguns (poucos) alunos foram capazes de estabelecer uma relação. Mais difícil se revelou que os alunos entendessem o motivo pelo qual o declive da recta traçada a azul

correspondia ao valor da velocidade escalar instantânea para esse instante considerado. Face a estas dificuldades detectadas, entendeu o professor-investigador debater com os alunos este tema, recorrendo novamente a uma animação construída em *Power Point*, conforme ilustrado na Figura 38. Com base em conceitos matemáticos, a questão lançada consistiu no modo como calcular o valor da velocidade em determinado instante, a partir de uma curva posição-tempo.

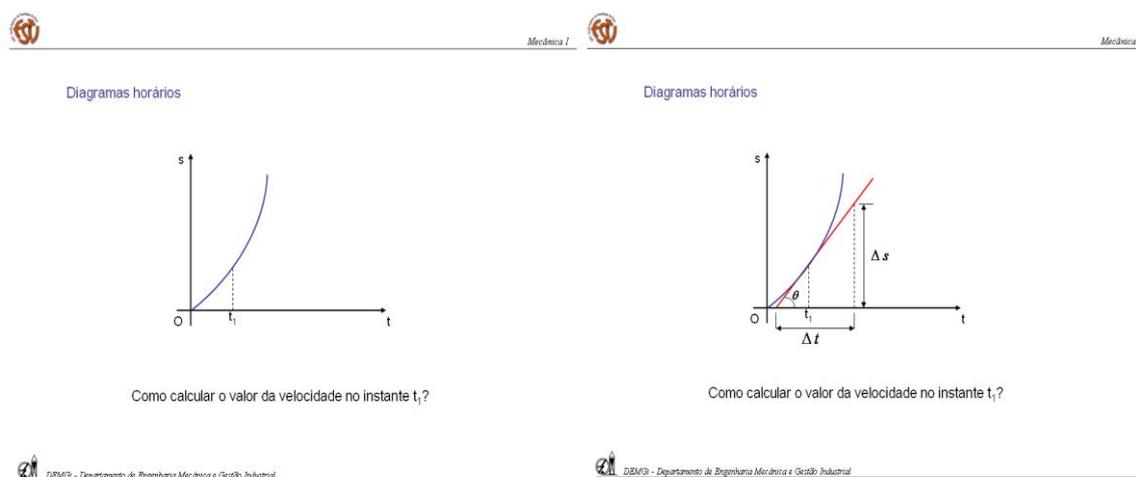


Figura 38 – Duas imagens de uma animação destinada a apresentar o cálculo da velocidade em determinado instante, a partir de um gráfico posição-tempo

Nesta fase os alunos tiveram uma reacção mais favorável e mostraram que a sua percepção acerca do assunto parecia ser mais consistente. Foi possível aquilatar tal facto através das dúvidas que colocaram e também das respostas positivas obtidas face ao estudo dos diferentes gráficos que o professor-investigador traçou no quadro e explorou.

Associado a uma questão desta natureza os alunos compreenderam de uma forma mais clara o conceito de derivada de uma função, em simultâneo com o facto de associarem esse conceito ao cálculo de determinadas grandezas físicas.

No pré-teste realizado foi possível constatar a dificuldade que os alunos de ambos os turnos tiveram em interpretar correctamente gráficos de variação temporal de grandezas cinemáticas, num movimento rectilíneo.

A simulação apresentada no diapositivo representado na Figura 39 e a hiperligação nele colocada, que facilitou o acesso à correspondente página da Internet, permitiu aos alunos seleccionar diferentes valores iniciais de posição, velocidade e aceleração, bem como a representação vectorial da velocidade ou da aceleração. A observação dos diferentes gráficos e valores obtidos resultou num contributo importante para suprir determinadas lacunas, através da observação em tempo real e em simultâneo do comportamento das referidas grandezas.

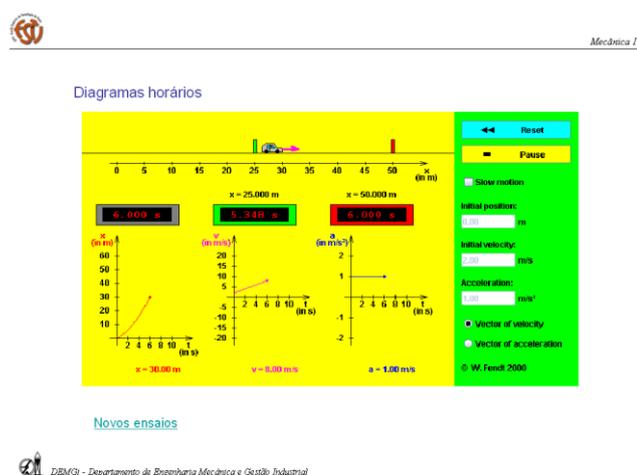


Figura 39 – Simulação em diapositivo destinada ao estudo de diagramas horários

Este recurso a simulações, seleccionadas entre várias disponíveis em diversos sítios da Internet, obedeceu a critérios definidos: as simulações deviam estar relacionadas com temas em que os alunos em geral mostram menos apetências, como aliás os pré-testes confirmaram para alguns casos, a sua utilização não deveria suscitar dúvidas e os resultados obtidos teriam de ser de fácil compreensão e permitirem tirar conclusões objectivas.

No capítulo Cinemática do ponto material revela-se de extrema importância que os alunos adquiram competências que os habilitem a determinar o deslocamento e o espaço percorridos a partir de um gráfico representativo da variação da velocidade de uma partícula com o tempo e também a calcularem a variação de velocidade tendo por base um gráfico aceleração *versus* tempo. Também neste domínio os alunos mostraram bastantes dificuldades, particularmente quando confrontados com situações em que teriam de recorrer necessariamente ao cálculo integral.

Para introduzir este assunto o professor-investigador recorreu inicialmente a um exemplo simples, que se encontra ilustrado na Figura 40.

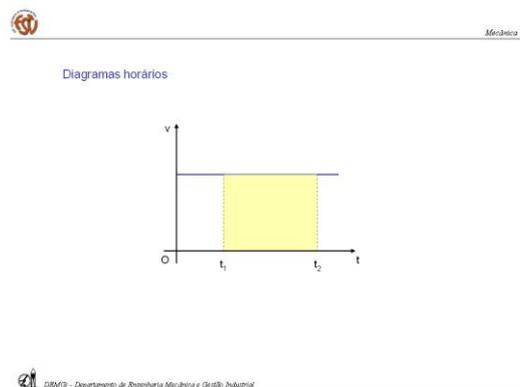


Figura 40 – Diapositivo apresentando a relação entre a área representada e o deslocamento

Considerando um diagrama horário representativo da variação da velocidade com o tempo, o professor-investigador pretendeu que os alunos estabelecessem uma relação entre a área compreendida pela curva da função, as rectas definidas pelos instantes de tempo que delimitam o intervalo de tempo e o eixo correspondente à variável tempo.

O debate daí resultante, tendo os alunos recorrido também a determinadas expressões analíticas de cinemática, foi suficientemente esclarecedor acerca da relação que se pretendia estabelecer.

No entanto, quando foram solicitados a aplicar estes conceitos a uma função mais complexa, as dificuldades avolumaram-se, como aliás seria expectável. Ainda que o conceito de integral estivesse a ser abordado numa unidade curricular da área da Matemática, os alunos não tinham adquirido as competências necessárias em termos de aplicação prática do referido conceito.

Deste modo, justificou-se inteiramente o recurso a uma animação disponível na Internet, que permitiu aos alunos visualizar a construção gráfica do conceito de integral e a sua relação com determinados cálculos na área da Mecânica. Algumas imagens da animação referida podem ser observadas na Figura 41.

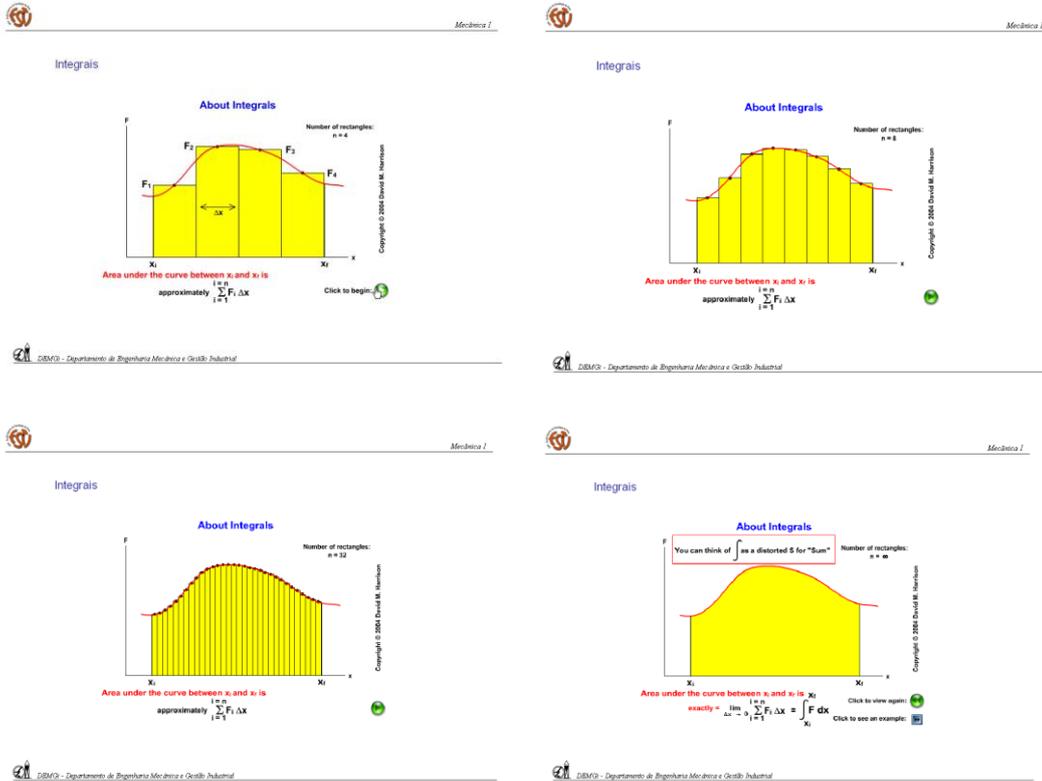


Figura 41 – Imagens de animação disponível na Internet e destinada a ilustrar o conceito de integral

A respectiva aplicação a situações concretas de diagramas horários ou a expressões analíticas revelou que ainda haveria, nesta matéria, um certo caminho a percorrer, mas é sintomática a observação do aluno B3:

B3: “ Aplicado desta maneira, já se tem uma ideia para que servem os integrais.”

Um movimento unidimensional que também integrava os conteúdos programáticos de Mecânica I era o lançamento vertical de um projectil. Pode verificar-se através da análise dos resultados do pré-teste que se trata de um movimento cujo conhecimento da variação das grandezas

cinemáticas a ele associadas não se encontrava perfeitamente claro na mente dos alunos. Concretamente no ponto mais alto da respectiva trajectória os alunos tinham dificuldade em compreender o que ocorria com a aceleração do movimento.

O professor-investigador no decurso do debate sobre este tema realizou uma demonstração prática muito simples, que consistiu no lançamento vertical de uma esfera de plástico. Foi facilmente constatado pelos alunos que a velocidade no ponto mais alto da trajectória se anulava:

A11: “ A velocidade é zero [no ponto mais alto da trajectória]. A esfera muda de sentido, tem de ser zero.”

B8: “ Há inversão [no ponto mais alto da trajectória]. Então a velocidade vai-se anular.”

Em relação à caracterização do movimento nas suas fases ascendente e descendente e após um período de discussão, os alunos identificaram as diferenças existentes. O maior problema colocou-se a propósito da aceleração do movimento. Entendeu o professor-investigador que seria oportuno apresentar a sequência animada construída no diapositivo representado na Figura 42.

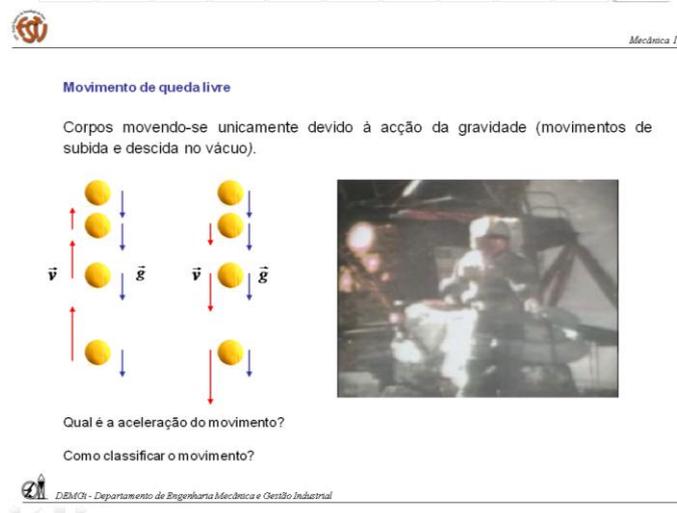


Figura 42 – Diapositivo relativo ao lançamento vertical de um projectil

Os vectores velocidade e aceleração da gravidade foram aparecendo representados à medida que eram simulados os movimentos ascendente e descende da esfera. O professor-investigador confrontou os alunos com a representação do vector aceleração no ponto mais alto da trajectória e questionou se haveria algum motivo para que não mantivesse as mesmas características que tinha tido ao longo do movimento. Chegou inclusivé a colocar os alunos perante a possibilidade de ser nulo, como alguns alunos haviam afirmado anteriormente, solicitando que explicassem o que sucederia à esfera:

A4: “ A esfera não se pode mover.”

B8: “ Se a aceleração é nula o movimento é uniforme.”

B12: “ Fica parada.”

Clarificado o facto que sendo a velocidade nula e a aceleração por hipótese nula, a esfera ficaria em repouso no ponto de altura máxima, os alunos compreenderam que a aceleração da gravidade mantinha as mesmas características ao longo do movimento. Nesta fase entendeu o professor-investigador debater o facto de se estar a desprezar efeitos de atrito e resistência do ar, bem como a variação do valor da aceleração da gravidade, neste caso face a altura reduzida atingida pela esfera. Com o objectivo dos alunos compreenderem o que efectivamente se passa na ausência de atmosfera, foram apresentadas e discutidas as imagens captadas na superfície da Lua pela missão Apollo 15, sobre a queda livre de corpos.

Como referido anteriormente, as aulas teóricas e teórico-práticas foram leccionadas de uma forma integrada pelo que, sempre que o professor-investigador julgava oportuno, os alunos eram solicitados a efectuar a resolução de alguns exercícios ou problemas, quer para consolidar determinado aspecto abordado teoricamente, quer para suscitar ou potenciar o interesse dos estudantes. Durante essas resoluções os alunos podiam debater entre si e com o docente as dúvidas e as questões que entretanto surgissem. Mais exercícios e problemas constavam de uma colectânea organizada pelo professor-investigador e disponibilizada aos alunos no início do semestre.

Para além do material referido o professor-investigador enviava periodicamente por correio electrónico, propostas de trabalho de casa que abordavam conteúdos em que os alunos tinham demonstrado mais dificuldades. O trabalho de casa não tinha carácter obrigatório, mas caso os

alunos optassem pela sua entrega para correcção, tinham uma semana após a respectiva recepção para a concretizarem. O docente corrigia os trabalhos no mais curto período de tempo possível e transmitia a cada um dos alunos o *feedback* acerca da sua prestação, no decurso das sessões de apoio tutorial. A avaliação destes trabalhos foi considerada na componente de avaliação da unidade curricular Assiduidade e Participação.

O primeiro trabalho de casa proposto (Anexo 5) direccionava-se fundamentalmente para os conteúdos de Cinemática do ponto material cuja abordagem foi anteriormente descrita e que correspondiam a lacunas previamente detectadas no conhecimento dos alunos. O trabalho de casa teve dois objectivos principais subjacentes: proporcionar aos alunos exercícios e problemas que pudessem testar os conceitos estudados e permitir ao professor-investigador a possibilidade de aquilatar a evolução dos alunos e lhes proporcionar *feedback* sobre o seu progresso.

No problema 1 desta primeira proposta de trabalho de casa pretendeu o professor-investigador testar, a partir de um gráfico disponibilizado, os conceitos relacionados com o traçado de gráficos de grandezas relacionadas (1.1.), a caracterização de um movimento (1.2.), o deslocamento (1.3.) e a inversão de sentido do movimento (1.4.).

O problema 2 procurou avaliar o conhecimento dos alunos relativamente à interpretação e utilização de gráficos para o cálculo de grandezas relacionadas com o movimento. Neste caso concreto, a partir de

um gráfico aceleração *versus* tempo pretendia-se o cálculo de um intervalo de tempo (2. ( $\Delta t$ )) e de uma distância (2. (d)).

Em relação ao problema 3 o que estava em causa traduzia-se na aplicação dos conceitos relacionados com o movimento de lançamento vertical de projectil, no traçado de gráficos velocidade *versus* tempo e aceleração *versus* tempo para o referido movimento (3.1.). Numa segunda questão (3.2.) foi solicitada a representação gráfica dos vectores velocidade e aceleração no ponto mais alto da trajectória.

Como já foi referido a entrega da resolução dos trabalhos de casa era facultativa. No 1º turno entregaram 13 alunos e no 2º turno 17 alunos. Apresentam-se no Quadro 9 as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos.

Quadro 9 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 1, nos dois turnos

TPC 1	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.1.	23,1	76,9
1.2.	46,2	53,8
1.3.	46,2	53,8
1.4.	69,2	30,8
2. ( $\Delta t$ )	69,2	30,8
2. (d)	23,1	76,9
3.1.	61,5	38,5
3.2.	69,2	30,8

TPC 1	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.1.	76,5	23,5
1.2.	58,8	41,2
1.3.	76,5	23,5
1.4.	88,2	11,8
2. ( $\Delta t$ )	88,2	11,8
2. (d)	35,3	64,7
3.1.	70,6	29,4
3.2.	64,7	35,3

A partir da análise dos resultados obtidos é possível constatar que, com excepção da alínea 3.2., os alunos do 2º turno conseguiram melhores prestações. Deve também destacar-se pela negativa os resultados obtidos no cálculo da distância, solicitado no problema 2. Importa no entanto referir que se detectaram neste ponto muitos erros, particularmente na determinação de áreas elementares, mas também em simples cálculos de aritmética.

Em termos gerais é de sublinhar que existe uma evolução positiva dos alunos em relação ao pré-teste realizado no início do capítulo. Essa evolução é mais notória relativamente aos alunos do 2º turno. Os alunos mostraram um melhor desempenho na interpretação e traçado de gráficos, no cálculo de deslocamentos e em questões relacionadas com o lançamento vertical de um projectil.

Prosseguindo com a análise do processo de ensino e de aprendizagem respeitante ao capítulo de Cinemática do ponto material, é de referir que, na sequência do estudo escalar, se avançou para o estudo vectorial do movimento. Ainda que tivessem presente a noção de vector, os alunos denotaram algumas dificuldades na determinação das respectivas componentes segundo um sistema de eixos tridimensional. Essas dúvidas resultaram sobretudo do facto de alguns conceitos de trigonometria não se encontrarem devidamente estruturados. O mesmo se pode afirmar em relação às operações com vectores, nomeadamente a adição e a subtracção.

O estudo de movimentos no plano: lançamento oblíquo e lançamento horizontal de um projectil e movimento circular, completaram os conteúdos programáticos deste capítulo de Mecânica I.

Como ponto de partida para o estudo dos lançamentos efectuaram-se demonstrações práticas simples com recurso a um sistema de lançamento disponível no laboratório. De um modo geral os alunos não mostraram dificuldades significativas ao nível conceptual nesta componente do programa. Em seu lugar surgiram dúvidas frequentes na manipulação de expressões, evidenciando lacunas ao nível da matemática. Ainda que a matemática exigida se limitasse ao conhecimento da resolução de sistemas de duas equações, da utilização da fórmula resolvente para equações do 2º grau ou de funções trigonométricas simples.

No entanto, para além desta questão matemática, há que ressaltar uma situação para a qual os alunos mostraram menos apetência. Tratou-se do encontro de partículas em movimento, em que pelo menos uma delas possuía um movimento de projectil. Para motivar os alunos em relação a este assunto optou o professor-investigador por apresentar uma animação retirada da Internet e utilizá-la como ponto de partida para a discussão de ideias e posterior concretização analítica.

A Figura 43 mostra uma sequência de imagens relativa à animação apresentada.



Figura 43 – Sequência de imagens de uma animação ilustrativa do encontro entre dois corpos em movimento

Concluído o estudo do lançamento de projectéis que envolveu igualmente a resolução de problemas nas aulas, o professor-investigador enviou por correio electrónico a segunda proposta de trabalho de casa (Anexo 5) dirigido exclusivamente para o tema lançamento de projectéis. Dada a boa receptividade que os alunos em ambos os turnos mostraram relativamente a este assunto, o professor-investigador resolveu introduzir na proposta de trabalho algumas situações inovadoras.

O problema 2 pretendeu por à prova a capacidade de os alunos estimarem o valor de determinadas grandezas para poderem resolver uma situação. Na vida prática e numa primeira abordagem da resolução de um problema, futuros engenheiros terão necessariamente de recorrer a estimativas que mais tarde serão confrontadas com cálculos mais rigorosos. O problema 3 procurou estimular a imaginação e o raciocínio dos alunos ao solicitar-lhes que a partir de uma imagem que retratava um acontecimento, criassem eles próprios um problema e o resolvessem. Deste modo tiveram de colocar hipóteses e de as testar, para verificar até que ponto o problema imaginado teria ou não possibilidade de solução. Em

relação ao problema 1, o professor-investigador teve a intenção de constatar se os alunos já teriam conseguido ultrapassar as dificuldades demonstradas acerca do encontro de partículas em movimento.

No Quadro 10 apresentam-se as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 10 alunos e no 2º turno 16 alunos.

Quadro 10 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 2, nos dois turnos

TPC 2	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1. (d)	80,0	20,0
1. (vm)	60,0	40,0
2. (v)	40,0	60,0
2. (h)	30,0	70,0
3.	40,0	60,0

TPC 2	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1. (d)	81,2	18,8
1. (vm)	81,2	18,8
2. (v)	75,0	25,0
2. (h)	62,5	37,5
3.	87,5	12,5

A partir da análise dos resultados obtidos pode verificar-se que, de novo, os alunos do 2º turno conseguiram melhores prestações. Deve sublinhar-se a resolução do problema 1, na qual os alunos evidenciaram ter tido progresso na compreensão dos conceitos com ele relacionados. Em relação às propostas de problemas mais inovadores, a reacção dos alunos do 2º turno foi francamente mais favorável do que a dos seus colegas do 1º turno.

Na terceira proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador decidiu continuar a abordar o lançamento de projecteis numa perspectiva mais ligada à Engenharia. Os problemas 1 e 2 dessa proposta envolviam sistemas mecânicos e o problema 3 propunha um cálculo por estimativa relacionado com uma máquina, conforme se pode observar na Figura 44, cujo funcionamento os alunos já tinham observado em vídeo no decurso das aulas e a propósito do lançamento de projecteis.



Figura 44 – Imagem retirada de um vídeo projectado aos alunos sobre o funcionamento de uma britadeira e o movimento de projectil da brita

No Quadro 11 podem observar-se as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada problema proposto. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 8 alunos e no 2º turno 15 alunos.

Quadro 11 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 3, nos dois turnos

TPC 3	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.	50,0	50,0
2.	12,5	87,5
3.	0,0	100,0

TPC 3	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.	60,0	40,0
2.	33,3	66,7
3.	60,0	40,0

Com base na análise dos valores registados no Quadro 11 pode constatar-se que, também neste trabalho, os alunos do 2º turno conseguiram melhores resultados que os seus colegas do 1º turno. De salientar que em relação ao problema 2 a reacção dos alunos não foi positiva. Embora revelassem de um modo geral que os conceitos em causa se encontravam devidamente estruturados, o problema requeria alguma atenção que grande parte dos alunos não teve. Já no que diz respeito ao problema 3 de registar o total insucesso dos alunos do 1º turno, que não processaram devidamente a informação disponibilizada.

O capítulo 2 do programa foi concluído com o estudo do movimento circular. No pré-teste realizado foi possível constatar que os alunos mostraram algumas lacunas em relação a este tema.

O professor-investigador para introduzir o assunto recorreu a modelos didácticos de sistemas de engrenagens e sistemas de transmissão por correias existentes no laboratório, que possibilitaram o debate entre os alunos e docente. Através desta estratégia foi possível que os alunos

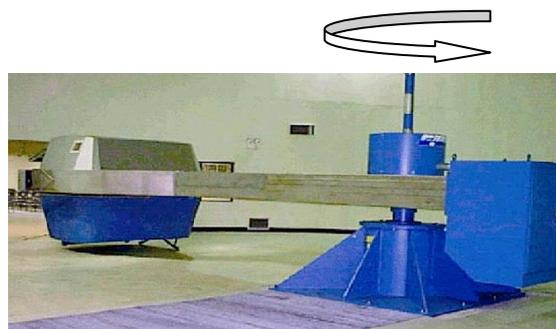
adquirissem uma motivação suplementar para estudar o tema. A parte teórica foi apoiada na resolução de problemas como o ilustrado na Figura 45.

**17** O dispositivo apresentado na figura é um simulador de força G. É utilizado no treino de pilotos de aviões e astronautas, para que estes consigam suportar acelerações elevadas. Um piloto de 80 kg de massa, treinado e equipado com um fato anti força G, pode suportar até 7,5 G (7,5 vezes a aceleração da gravidade) sem perder os sentidos.

**17.1** Se o piloto ficar sentado a 3 m de distância do eixo de rotação, qual o maior valor da velocidade angular que o dispositivo pode adquirir sem que o piloto perca os sentidos. Indique o resultado em rad/s e em r.p.m.

**17.2** Qual o valor da velocidade nas condições da alínea anterior.

**17.3** Qual a aceleração angular necessária para que o dispositivo adquira a velocidade calculada em 17.1, supondo que parte do repouso.



**Figura 14**

Figura 45 – Problema proposto na aula sobre o movimento circular

O problema em causa teve a particularidade de abordar o tema em estudo através de uma situação que despertou a curiosidade dos alunos, o que faz com que estes se envolvam mais intensamente na respectiva resolução. Outro aspecto que deve ser referido é o facto de propositadamente ter sido fornecido um dado, a massa do piloto, desnecessário para a sua resolução. Esta situação criada deliberadamente pelo professor-investigador sucede, como já foi referido, noutros problemas da colectânea disponibilizada aos alunos, sendo que também surgem enunciados com dados em falta que os alunos têm de detectar,

solucionando o caso através de uma estimativa ou efectuando uma pesquisa.

Na elaboração da quarta proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador procurou que os alunos viessem a aplicar os conceitos relacionados com o movimento circular em problemas com estreitas ligações à Engenharia Mecânica. O problema 1 dessa proposta tinha por base um sistema de transmissão por correia e o problema 2 envolvia um sistema de engrenagens.

No Quadro 12 podem ser analisadas as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 10 alunos e no 2º turno 14 alunos.

Quadro 12 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 4, nos dois turnos

<b>TPC 4</b>	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1.1.	100,0	0,0
1.2.	10,0	90,0
1.3.	0,0	100,0
2.	10,0	90,0

<b>TPC 4</b>	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1.1.	100,0	0,0
1.2.	92,9	7,1
1.3.	92,9	7,1
2.	71,4	28,6

Partindo da observação dos valores constantes do Quadro 12 pode verificar-se que em relação à alínea 1.1. os alunos de ambos os turnos tiveram o mesmo desempenho. O mesmo não sucedeu com as alíneas 1.2. e 1.3., na resolução das quais os alunos do 2º turno conseguiram significativamente melhores prestações. Pode inferir-se que os conceitos relacionados com aceleração e aceleração angular não ficaram clarificados para os alunos do 1º turno. Também relativamente ao problema 2 os resultados alcançados pelos alunos do 2º turno contrastam com os dos seus colegas do 1º turno. A aplicação dos conceitos de movimento circular num sistema de engrenagens não foi conseguida pelos alunos do 1º turno.

O capítulo 3 do programa de Mecânica I tem por objectivo o estudo da *Dinâmica do Ponto Material*. De um modo resumido os temas que aborda são os seguintes:

- 1- Noção de força;
- 2- Leis de Newton;
- 3- Forças actuantes num sistema de partículas materiais
- 4- Sistemas de forças interiores e exteriores a um sistema de partículas;
- 5- Equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico;
- 6- Reacção normal;
- 7- Força de tensão:

## 8- Atrito estático e cinético.

A partir da análise das respostas dos alunos ao pré-teste que precedeu o início do estudo do capítulo 3, foi possível constatar, como já referido anteriormente, que os alunos evidenciaram lacunas em relação a alguns dos temas a abordar neste capítulo. Merecem destaque as dificuldades respeitantes à aplicação das leis de Newton, à interpretação de gráficos e diagramas de forças e ao atrito.

O professor-investigador a partir das conclusões retiradas dos resultados do pré-teste e apoiado, tal como no capítulo 2, na sua anterior experiência lectiva, elaborou diapositivos de suporte às aulas, imaginou demonstrações práticas simples e organizou exercícios e problemas, segundo estratégias que julgou válidas para, em conjunto com os alunos, conseguir que estes adquirissem as competências pretendidas.

O conhecimento e a correcta aplicação das leis de Newton foi identificada como constituindo uma lacuna na estrutura conceptual dos alunos. Dada a sua importância foi-lhe dedicada particular atenção. Debateram-se com os alunos diversas situações do quotidiano que ilustravam a aplicação das leis de Newton e foram apresentados alguns vídeos cuja temática tornou possível a envolvência dos estudantes e a promoção de trocas de ideias em torno do tema.

Na Figura 46 encontram-se representadas duas imagens integrantes de dois vídeos retirados da Internet, que foram apresentados e utilizados para debate com os alunos acerca da 1ª lei de Newton.

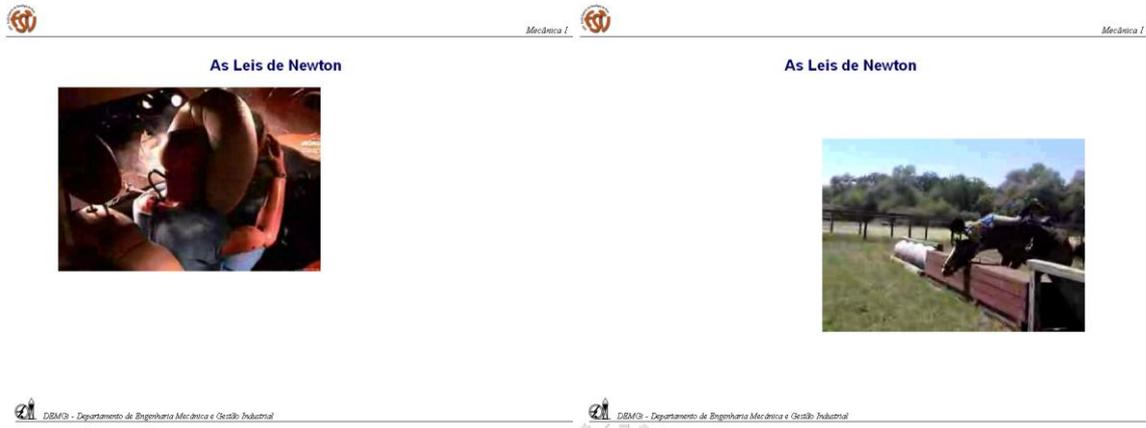


Figura 46 – Diapositivos que apresentam vídeos analisados à luz da 1ª lei de Newton

Na Figura 47 podem observar-se duas imagens capturadas a partir de vídeos também obtidos a partir da Internet, também eles debatidos nas aulas com os alunos, tendo por base a 2ª lei de Newton.



Figura 47 – Imagens retiradas de vídeos inseridos em diapositivos de apresentação *Power Point*, tendo por tema a 2ª lei de Newton

Finalmente e ainda a propósito das leis de Newton, a Figura 48 apresenta duas imagens retiradas de vídeos obtidos na Internet, que também serviram de motivo para a troca de ideias em relação à 3ª lei de Newton.



Figura 48 – A 3ª lei de Newton - imagens obtidas a partir de vídeos inseridos em apresentação *Power Point*

De salientar que estes vídeos aqui referidos tiveram a virtude de motivar os alunos a assumirem atitudes interventivas sobre este tema, procurando debater outras situações por eles apresentadas, com as quais partilharam, aprofundaram e esclareceram as suas ideias.

Outra fragilidade que o pré-teste permitiu evidenciar nos alunos estava relacionada com a identificação e a representação das forças exteriores que actuam num ponto material, assim como com a necessidade da correcta utilização de um referencial, de modo que a força resultante que actua no ponto material seja devidamente caracterizada e possa ser associada de forma adequada ao movimento da partícula. Frequentemente os alunos não traçam correctamente o denominado diagrama de corpo livre,

ou pelo facto de não representarem todas as forças exteriores que actuam, ou porque as representam de forma incorrecta. Também muitas vezes a escolha que efectuam do sistema de referência não é a mais conveniente.

Procurou o professor-investigador insistir na questão do rigor indispensável nestas situações, quer através de exemplos com animações que construiu em *Power Point*, de simulações retiradas da Internet, de diagramas traçados no quadro e de problemas resolvidos no decurso das aulas.

Em todas estas estratégias surgiu sempre um denominador comum. Competiu aos alunos discutir e sugerir o traçado das forças e do referencial. Só após um consenso a representação era disponibilizada ou efectuada.

A título de exemplo acerca da forma como o professor-investigador abordou a construção dos diagramas de corpo livre apresentam-se na Figura 49 imagens de uma animação elaborada em *Power Point* relativa a um corpo, considerado como um ponto material, em movimento sobre um plano inclinado sem atrito.

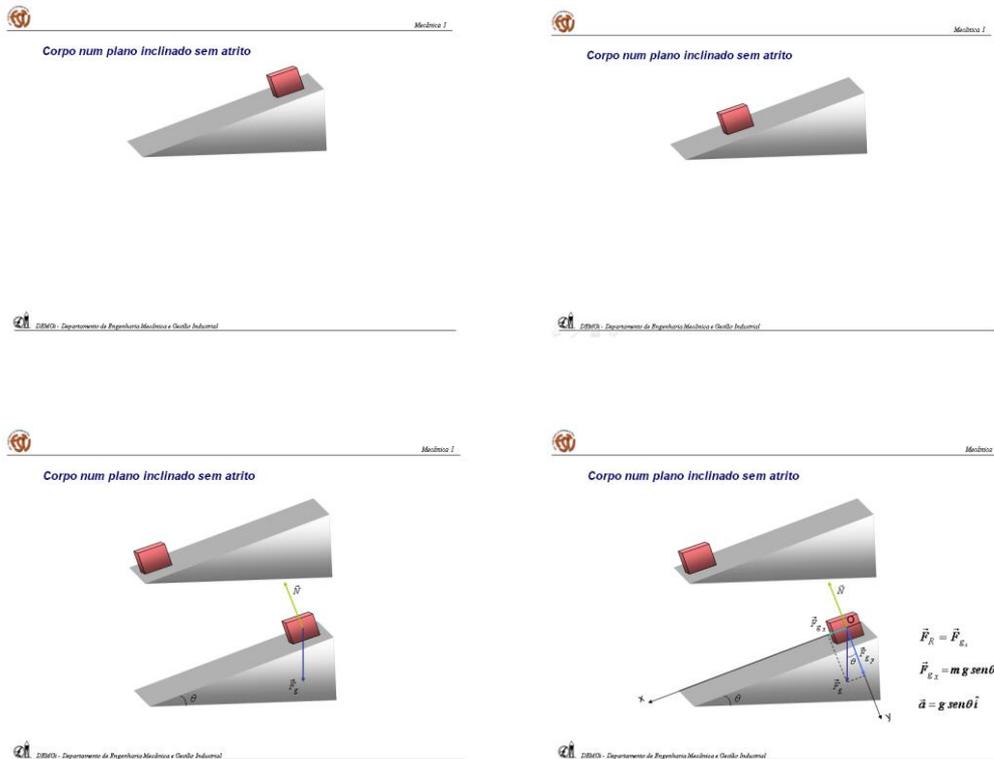


Figura 49 – A construção de um diagrama de corpo livre em apresentação *Power Point*

Outro assunto que os resultados do pré-teste mostraram como integrante do conjunto de lacunas dos alunos foi o atrito. Este tema começou por ser abordado através de demonstrações práticas muito simples como por exemplo solicitar aos alunos que colocassem dois discos de materiais diferentes sobre uma superfície plana, cujo ângulo com a horizontal poderia ser aumentado. Os alunos tiveram a oportunidade de verificar que quando o ângulo de inclinação atingia um determinado valor, um dos discos iniciava o seu movimento enquanto o outro permanecia em repouso. A partir desta situação foi possível gerar o debate e a partir dele retirar algumas conclusões.

Introduziram-se situações do quotidiano que foram discutidas, em particular relativamente ao comportamento dos veículos automóveis, tema que suscitou, como seria normal, o especial interesse dos alunos. Foram resolvidos e debatidos exercícios e problemas envolvendo a presença de forças de atrito, como foi o caso do problema apresentado na Figura 50.

**25** O caixote de madeira, de massa igual a 25 kg, parte da posição mostrada na figura 22, com uma velocidade inicial igual  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ , movendo-se no sentido ascendente de uma tábua inclinada. Sabendo que existe atrito entre as superfícies do caixote e da tábua, determine:

**25.1** a distância máxima percorrida pelo caixote ao subir a tábua.

**25.2** a distância  $x$ , ou seja o alcance do caixote, considerando que após ter percorrido a distância calculada na alínea anterior, o caixote inicia o movimento de descida.

**25.3** a energia dissipada durante todo o percurso efectuado sobre a tábua.

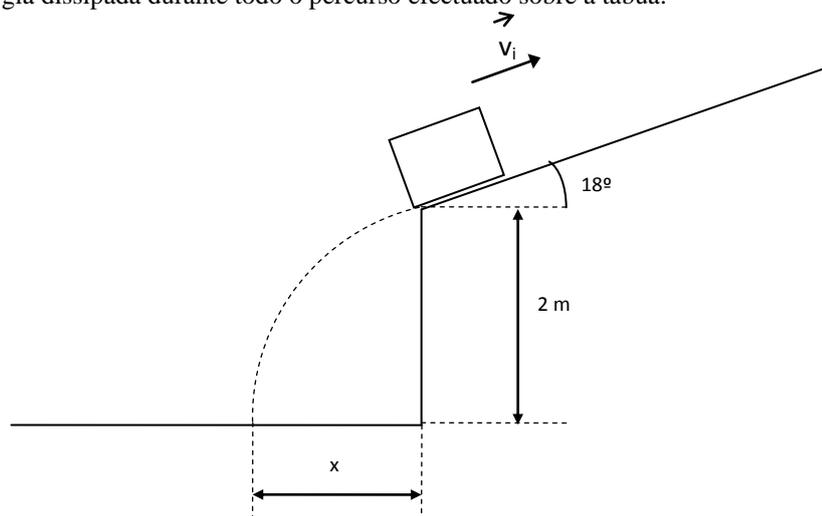


Figura 22

Figura 50 – Problema envolvendo conceitos relacionados com o atrito

Este problema tinha a particularidade de, propositadamente, lhe faltar um dado, tal como aconteceu com outros problemas da colectânea disponibilizada aos alunos. Deve sublinhar-se que a possibilidade de alguns problemas terem falta de dados ou dados a mais era do conhecimento dos alunos. Neste caso concreto os alunos detectaram a necessidade de

conhecerem o coeficiente de atrito cinético madeira-madeira. Para tal tiveram de efectuar uma pesquisa na Internet.

Na quinta proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador pretendeu que os alunos aplicassem conceitos relacionados com as leis de Newton e também testassem as suas competências em relação à interpretação de gráficos. O problema 1 dessa proposta envolvia a análise e interpretação de um gráfico velocidade *versus* tempo e a partir dele o traçado de um gráfico força *versus* tempo, conhecida a massa do corpo sobre o qual a força actuava. O resolução do problema 2 requeria que os alunos representassem correctamente sistemas de forças exteriores aplicadas e o conhecimento das leis de Newton.

No Quadro 13 podem ser observadas as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 11 alunos e no 2º turno 13 alunos.

Quadro 13 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 5, nos dois turnos

TPC 5	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1.	81,8	18,2
2.1.	81,8	18,2
2.2.	90,9	9,1

TPC 5	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1.	92,3	7,7
2.1.	53,8	46,2
2.2.	30,8	69,2

Considerando as percentagens referidas no Quadro 13 pode constatar-se que em relação ao problema 1 os alunos de ambos os turnos tiveram comportamento semelhante. O mesmo não sucedeu com o problema 2 em que claramente os alunos do 1º turno tiveram uma melhor prestação que os seus colegas do 2º turno, sendo a diferença mais notória na alínea 2.2. Pode concluir-se que os alunos do 2º turno necessitavam de dedicar mais atenção à elaboração de diagramas de corpo livre e consequente aplicação das leis de Newton. No caso particular da alínea 2.2. os alunos do 2º turno teriam de reflectir com mais profundidade acerca das consequências da aplicação da 3ª lei de Newton.

A sexta proposta de trabalho de casa (Anexo 5) continuou a solicitar aos alunos a correcta representação de sistemas de forças exteriores actuantes em corpos, assumidos como partículas, assim como a aplicação das leis de Newton envolvendo esses mesmos corpos, quando animados de movimentos curvilíneos, caso do problema 1 e de movimentos circulares, caso dos problemas 2 e 3.

No Quadro 14 é possível constatar as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 3 alunos e no 2º turno 10 alunos. De salientar o número reduzido de alunos do 1º turno que entregaram a resolução deste trabalho de casa.

Quadro 14 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 6, nos dois turnos

TPC 6	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.	0,0	100,0
2.	0,0	100,0
3.1.	0,0	100,0
3.2.	0,0	100,0

TPC 6	Resolução (%)	
	1º turno	2º turno
	Correcta	Incorrecta
1.	40,0	60,0
2.	80,0	20,0
3.1.	30,0	70,0
3.2.	0,0	100,0

Da observação do Quadro 14 salienta-se que os únicos três alunos do 1º turno que efectuaram a entrega da resolução do sexto trabalho de casa, não conseguiram acertar qualquer dos problemas. Também a prestação dos alunos do 2º turno, ainda que um pouco melhor, não foi encorajante. Embora no caso do problema 2 tenha sido alcançada uma boa percentagem de respostas correctas, a resolução incorrecta dos restantes problemas levou o professor-investigador, no decurso de sessões de orientação tutória, a dialogar com os alunos de cada um dos turnos sobre as dificuldades sentidas, com o intuito de contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos.

Como sétima proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador propôs aos alunos dois problemas. O primeiro problema versando o tema *Atrito*, dividido em duas alíneas: uma primeira traduzida por uma questão sobre distância de travagem e condições que a podem influenciar e uma segunda envolvendo o cálculo e a comparação entre distâncias de travagem sob condições manifestamente distintas. Quanto ao segundo problema, a respectiva resolução remetia para uma reflexão e

cálculos tendo por base as leis de Newton. Mais uma vez houve a preocupação de considerar temas que tivessem a possibilidade de estimular o interesse de alunos de Engenharia.

No Quadro 15 constam as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 4 alunos e no 2º turno 9 alunos. Deve destacar-se de novo, o número reduzido de alunos do 1º turno que entregaram a resolução do sétimo trabalho de casa.

Quadro 15 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 7, nos dois turnos

TPC 7	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1.1.	100,0	0,0
1.2.	50,0	50,0
2.	75,0	25,0

TPC 7	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1.1.	77,8	22,2
1.2.	0,0	100,0
2.	88,9	11,1

Tendo por base a análise do Quadro 15 deve destacar-se em relação aos alunos do 2º turno, o facto de nenhum deles ter conseguido resolver correctamente a alínea 1.2. do trabalho proposto. Também a respeito dessa mesma alínea se constata que constituiu para os alunos do 1º turno a que ofereceu maiores dificuldades. Estes factos mereceram a atenção do professor-investigador que, nas de sessões de orientação tutória, conversou com os alunos de cada um dos turnos sobre a necessidade de procurarem estruturar de forma mais adequada os conceitos relativos ao atrito. Para

além disso, como era habitual, debateu com cada um dos estudantes a respectiva prestação no trabalho de casa e as lacunas a colmatar.

O capítulo 4 do programa de Mecânica I incide sobre o estudo do *Impulso e momento linear*. Em resumo os temas que aborda são os seguintes:

- 1- Momento linear de um ponto material;
- 2- Impulso de uma força;
- 3- Teorema da conservação do momento linear;
- 4- Colisões.

Com base na análise das respostas dos alunos ao pré-teste que antecedeu o início do estudo do capítulo 4, tornou-se evidente, como já foi afirmado, que os alunos apresentavam determinadas lacunas em relação a alguns dos assuntos constantes deste capítulo. Salientam-se as dificuldades relacionadas com a compreensão da natureza vectorial de grandezas físicas, como foi o caso do momento linear de uma partícula e do impulso de uma força. À semelhança do que já havia ocorrido em pré-testes relativos a outros capítulos, os alunos demonstraram pouca apetência para a análise de gráficos e para a utilização da informação assim obtida na realização de determinados cálculos.

As conclusões retiradas a partir dos resultados do pré-teste revelaram-se importantes para o professor-investigador, dado que lhe

permitiram ajustar estratégias pedagógicas no sentido de tentar que os alunos adquirissem as competências pretendidas em relação a este capítulo do programa.

Um dos conceitos que o professor-investigador pretendeu clarificar, logo no início do capítulo, foi o de momento linear. Para isso recorreu às imagens e às questões que se podem observar na Figura 51.

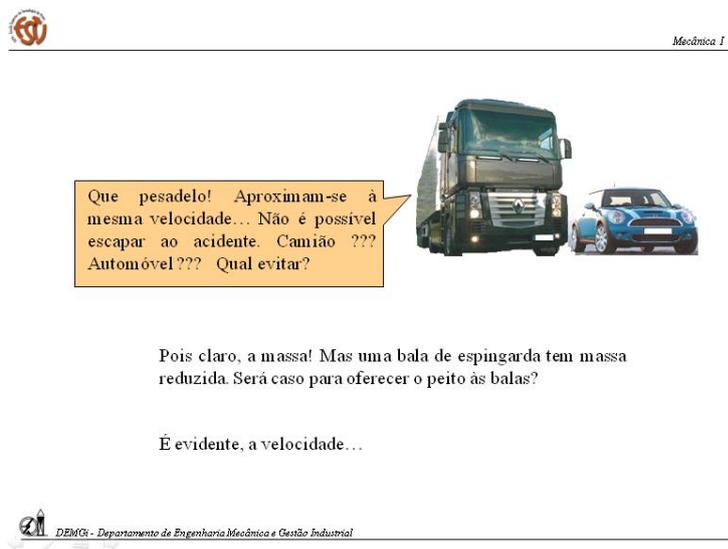


Figura 51 – Diapositivo integrante de apresentação *Power Point* tendo por objectivo clarificar o conceito de momento linear

Uma lacuna que ficou evidenciada através das respostas que os alunos deram no pré-teste estava relacionada com o facto de não reconhecerem o carácter vectorial do momento linear de um ponto material. O professor-investigador com base na reacção dos alunos às imagens e às questões do diapositivo representado na Figura 51, através das quais estabeleceram a dependência do momento linear com a massa e com a

velocidade, debateu com os alunos a ideia que sendo a velocidade um vector, o momento linear teria de assumir igualmente uma natureza vectorial. Utilizou uma estratégia idêntica para que os alunos viessem a identificar o carácter vectorial do impulso de uma força, ao promover a discussão sobre a relação existente entre a variação do momento linear e o impulso de uma força. O debate adquiriu outra intensidade, quando foi apresentado o diapositivo representado na Figura 52.



Figura 52 – Diapositivo integrante de apresentação *Power Point* tendo por objectivo clarificar os conceitos de impulso e variação do momento linear

A análise de gráficos e a utilização de dados obtidos a partir deles foi outro dos aspectos que o docente procurou trabalhar com os alunos. O problema que se representa na Figura 53 foi um dos meios utilizados para procurar desenvolver nos alunos essas competências.

**13** No decurso de uma experiência de Física, um grupo de alunos utilizou um bloco de 4 kg de massa, colocando-o em movimento rectilíneo sobre uma superfície polida. Com recurso a um sensor de movimento, registaram um valor constante de velocidade, igual a  $10 \text{ m.s}^{-1}$ . Submeteram em seguida o bloco a uma força na direcção do movimento, de intensidade variável com o tempo, conforme representado no gráfico 2. Efectuaram o ajuste dos dados experimentais de intensidade de força (curva a cheio) e obtiveram a linha a tracejado.

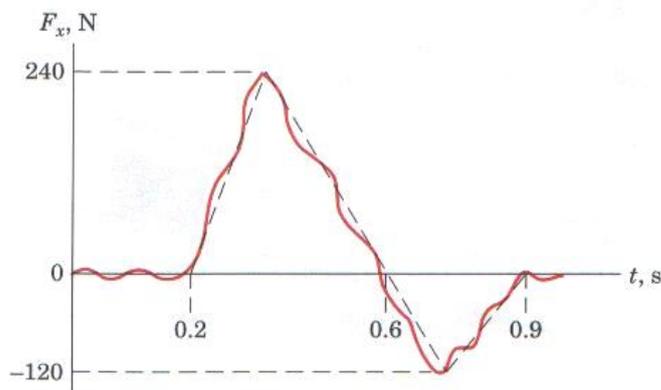


Gráfico 2

Com base nos registos referidos, determine:

- 13.1** o impulso da força aplicada, no intervalo de tempo entre  $t = 0,2$  e  $t = 0,6$  s;  
**13.2** o momento linear do bloco no instante  $t = 0,6$  s;  
**13.3** a velocidade do bloco no instante  $t = 0,9$  s;  
**13.4** a intensidade de uma força constante, que aplicada ao bloco, durante o intervalo de tempo compreendido entre 0,2 e 0,9 s, produzisse o mesmo efeito que a força de intensidade variável.

Figura 53 – Problema envolvendo a interpretação e utilização de dados de um gráfico

Na oitava proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador sugeriu aos alunos a resolução de dois problemas. O primeiro problema com duas alíneas remetia para a análise de um gráfico força *versus* tempo e envolvia o conceito de impulso de uma força. Quanto ao segundo problema, a respectiva resolução passava pelo estudo de processos de colisão.

No Quadro 16 referem-se as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada alínea dos problemas propostos. No 1º turno efectuaram a entrega do trabalho de casa 2 alunos e no 2º turno 6 alunos. Regista-se o número reduzido de alunos, em ambos os turnos, que entregaram a resolução do oitavo trabalho de casa.

Quadro 16 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 8, nos dois turnos

TPC 8	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1.1.	0,0	100,0
1.2.	0,0	100,0
2.	0,0	100,0

TPC 8	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1.1.	0,0	100,0
1.2.	0,0	100,0
2.	0,0	100,0

Deve destacar-se que os alunos de ambos os turnos não conseguiram resolver correctamente qualquer dos problemas propostos. Este facto a juntar ao reduzido número de resoluções entregues conduz à conclusão que os alunos não conseguiram incorporar os conceitos relacionados com este capítulo na sua estrutura conceptual. O professor-investigador transmitiu aos alunos no decorrer das sessões de orientação tutória, a necessidade de procurarem investir mais tempo e esforço sobre estes assuntos.

O capítulo 5 do programa de Mecânica I tem por objectivo o estudo do *Trabalho e energia*. Os temas que o constituem são, em resumo, os seguintes:

- 1- Trabalho de uma força;

- 2- Energia cinética de um ponto material;
- 3- Teorema da energia cinética;
- 4- Potência e rendimento;
- 5- Energia potencial;
- 6- Energia mecânica;
- 7- Sistemas conservativos e sistemas não conservativos.

Na sequência da análise das respostas dos alunos ao pré-teste que precedeu o estudo do capítulo 5, o professor-investigador procurou definir estratégias que conduzissem os alunos a superar as lacunas que apresentavam na sua estrutura conceptual, em relação a alguns dos temas deste capítulo. Essas fragilidades conceptuais estavam relacionadas, conforme referido anteriormente, com a noção de trabalho físico e a forma de o calcular, com os conceitos relativos à energia mecânica e sua conservação e principalmente com o conceito de potência.

O professor-investigador procurou com diversos exemplos de vivências quotidianas, que os alunos debatessem essas situações, por forma a identificarem em que casos existia ou não a realização de trabalho físico. Recorreu também à imagem incluída no diapositivo representado na Figura 54 para estimular ainda mais a envolvimento dos alunos.



A energia está associada ao conceito de trabalho físico.

#### Trabalho de uma força

O que é o trabalho físico?



Será que o halterofilista, na situação representada, realiza trabalho?



Figura 54 – Diapositivo referente ao conceito de trabalho físico

No que respeita aos conceitos de energia mecânica e sua conservação o docente em conjunto com os alunos realizaram demonstrações práticas simples que puseram em evidência esses conceitos. Para tal foram usados planos inclinados ao longo dos quais podiam deslizar pequenos blocos, um dispositivo que consiste numa calha circular no plano vertical percorrida por um pequeno veículo e um sistema mecânico de lançamento de esferas com recurso à compressão de uma mola. Os alunos puderam observar processos de transformação de energia, entre energia cinética, energia potencial gravítica e energia potencial elástica, bem como terem a percepção do efeito das forças dissipativas.

Para discutir o conceito de potência o docente recorreu de novo a situações do quotidiano e baseou-se igualmente em animação que construiu em *Power Point*, relacionando a maior ou menor rapidez com que uma

máquina realiza trabalho com a potência, conforme se pode observar na Figura 55.

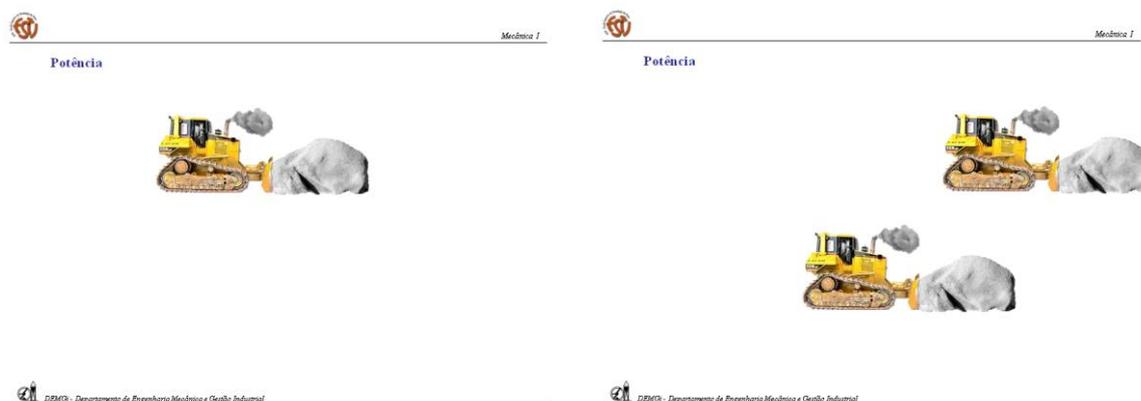


Figura 55 – Diapositivo referente ao conceito de potência. A animação permite observar que a segunda máquina realiza igual trabalho num menor intervalo de tempo

Ainda com o objectivo de clarificar o conceito de potência, o professor-investigador propôs o pequeno desafio que pode observar-se na Figura 56.

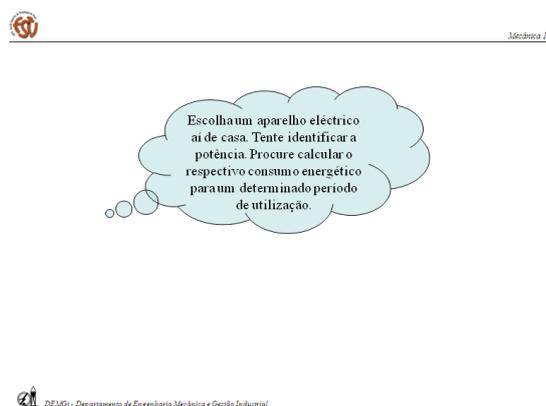


Figura 56 – Diapositivo que apresenta uma pequena proposta de trabalho para os alunos, relacionada com o conceito de potência

Na nona e última proposta de trabalho de casa (Anexo 5) o professor-investigador enviou aos alunos dois problemas para resolução. O primeiro problema envolvia o estudo de processos de colisão. Em relação ao segundo problema, a respectiva resolução apelava ao conhecimento de conceitos relacionados com a conservação de energia mecânica.

No Quadro 17 apresentam-se as percentagens de resoluções correctas e incorrectas, para cada um dos turnos e para cada problema proposto. No 1º turno efectuou a entrega do trabalho de casa 1 aluno e no 2º turno 7 alunos. Continuou a registar-se um número reduzido de alunos a entregarem a resolução do trabalho de casa.

Quadro 17 – Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 9, nos dois turnos

TPC 9	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
1º turno		
1.	0,0	100,0
2.	0,0	100,0

TPC 9	Resolução (%)	
	Correcta	Incorrecta
2º turno		
1.	100,0	0,0
2.	42,9	57,1

Em relação às percentagens referentes ao 1º turno deve sublinhar-se que se trata da resolução incorrecta de um único aluno. Outro significado têm os resultados obtidos no 2º turno. Deve destacar-se que todos os alunos do 2º turno que entregaram a resolução do trabalho de casa, conseguiram resolver correctamente o problema proposto sobre colisões, evidenciando uma melhoria relativamente ao trabalho de casa anterior. Já

em relação ao problema envolvendo conceitos energéticos a respectiva prestação foi bem mais modesta.

O capítulo 6 do programa de Mecânica I abrange o estudo da *Cinemática e dinâmica de rotação*. Os temas que o integram são, resumidamente, os seguintes:

- 1- Rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo;
- 2- Cinemática da rotação;
- 3- Energia de rotação;
- 4- Momento de inércia;
- 5- Momento de uma força;
- 6- Dinâmica da rotação.

Neste capítulo procura-se fundamentalmente que os alunos se familiarizem com alguns conceitos associados à Cinemática e dinâmica da rotação, dado que no programa de Mecânica II, unidade curricular do 2º semestre do 1º ano de Engenharia Mecânica e Engenharia e Gestão Industrial, se encontra prevista a continuação da abordagem destes temas com uma maior profundidade.

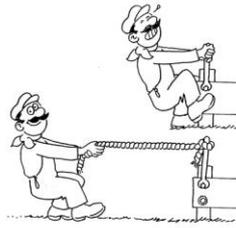
A análise das respostas ao pré-teste que antecedeu o estudo do capítulo 6 permitiu ao professor-investigador detectar lacunas no conhecimento dos alunos e planificar as estratégias pedagógicas que julgou serem as mais convenientes, para que os estudantes fossem capazes de

suprir as dificuldades apresentadas e viessem a adquirir as necessárias competências. Essas lacunas estavam relacionadas, conforme já foi referido, com o conceito de momento de uma força em relação a um ponto e com a análise do movimento de rotação de um corpo rígido, tanto na perspectiva cinemática, como na perspectiva dinâmica.

O professor-investigador recorreu a situações do quotidiano com as que os alunos facilmente identificassem, de modo a elevar os índices de motivação e a promover o diálogo no decurso das aulas. Algumas demonstrações práticas simples foram utilizadas para procurar clarificar alguns conceitos. Os diapositivos colocaram questões com o objectivo de lançar o debate.

Em relação ao conceito de momento de uma força, após alguma discussão inicial dirigida para o efeito de uma força quando se abre ou fecha uma porta, o professor-investigador colocou a questão da utilização de chaves inglesas em certos trabalhos e a vantagem de se usarem em determinados casos chaves do tipo referido mas com cabo longo.

Aproveitando a sequência do diálogo apresentou o diapositivo representado na Figura 57, tendo sido a situação ilustrada debatida pelos alunos.



Em qual das situações, o homem terá mais facilidade em desapertar o parafuso? Explique.



Figura 57 – Diapositivo que apresenta uma situação e uma questão relativas ao conceito de momento de uma força em relação a um ponto

Ainda que nas respostas à questão do pré-teste directamente relacionada com o momento de inércia, mais de metade dos alunos de cada um dos turnos tenha seleccionado a resposta correcta, detectou-se que persistiam algumas dificuldades. Deste modo foi realizada na aula a demonstração prática que envolvia o equilíbrio de um martelo, conforme apresentado na Figura 58.



Movimento de rotação

De que modo é mais fácil equilibrar o martelo? Porquê?

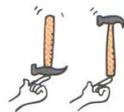


Figura 58 – Diapositivo relacionado com o conceito de momento de inércia

Pela mesma ordem de razões os alunos utilizaram em demonstração prática o sistema ilustrado no diapositivo da Figura 59, construído em ano lectivo anterior pelos seus colegas, no âmbito de outra unidade curricular do 1º ano. Com esta demonstração e com o debate que se seguiu procurou o professor-investigador que os conceitos de momento angular e respectiva conservação pudessem ser constatados na prática pelos alunos.



Mecânica I



Na imagem podem observar o Tiago em plena demonstração experimental, utilizando o sistema construído, no âmbito da unidade curricular de Introdução à Engenharia. Procure explicar em que consiste a experiência. Mostre a sua utilidade na abordagem da conservação do momento angular.

Não se recorda? Nada mais fácil. Repita a experiência.  
O sistema está disponível no Laboratório de Física.



DEMI - Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Figura 59 – Demonstração prática executada pelos alunos no decorrer das aulas

A resolução de alguns problemas tendo em vista a aplicação de conceitos de cinemática e dinâmica da rotação, como o apresentado na Figura 60, tentou igualmente dissipar determinadas dificuldades que os alunos foram evidenciando. Este problema, à semelhança de outros conforme já referido, tem propositadamente a falta de um dado, neste caso o tempo de subida do elevador. Deste modo pretende-se que os alunos procurem pensar quando tentam resolver problemas e não se limitem a tentar encontrar as fórmulas que melhor se ajustem aos dados apresentados.

**15** A cabine de um elevador, de massa 250 kg, é erguida por um motor, através de um cabo inextensível e de massa desprezável, conforme mostrado na figura 14. O movimento ascendente da cabine efectua-se com uma aceleração de valor constante, subindo, partindo do solo, a uma altura de 2m. A roldana utilizada tem a massa  $M = 80$  kg e raio  $R = 30$  cm.

**15.1** Represente e identifique as forças exteriores que actuam na cabine e na roldana.

**15.2** Calcule a aceleração angular do movimento da roldana.

**15.3** Determine as tensões no cabo.

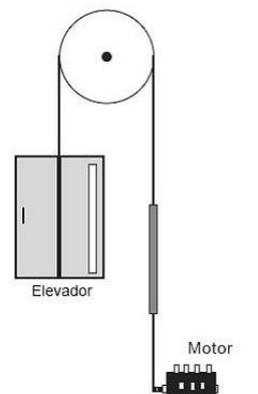


Figura 14

Figura 60 – Problema envolvendo conceitos de cinemática e dinâmica da rotação

Em relação a este capítulo não foi enviada qualquer proposta de trabalho de casa, dado que a sua entrega teria de ser efectuada depois do final do semestre. As regras estabelecidas no Departamento relativas à realização de trabalhos nas diversas unidades curriculares recomendam que aqueles devem ser concluídos até ao final das aulas, de modo a não afectarem as épocas de avaliação.

Em relação à entrega das resoluções dos trabalhos de casa, tinha sido definido o prazo de uma semana após a recepção do trabalho pelos alunos para que, aqueles que assim o entendessem, enviassem por correio electrónico a respectiva proposta de resolução ou a entregassem em suporte de papel, A resolução seria corrigida pelo professor-investigador e discutida individualmente em sessão de apoio tutorial posterior. Não existiu qualquer obrigatoriedade em relação à realização dos trabalhos enviados

para casa; contudo a sua resolução e respectiva entrega, tal como foi transmitido aos alunos, eram consideradas elementos de avaliação na vertente assiduidade e participação. A Figura 61 mostra a evolução percentual do número de alunos que entregaram os trabalhos de casa, cumprindo os prazos previamente definidos.

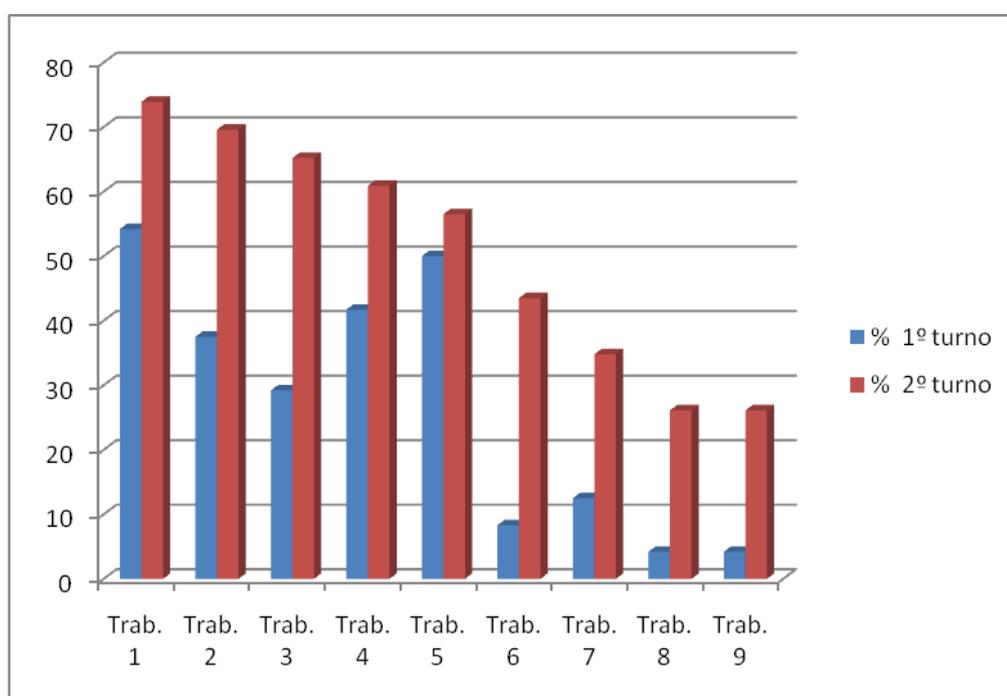


Figura 61 – Percentagem de alunos que efectuaram a entrega dos trabalhos propostos para casa, dentro dos prazos estabelecidos

Com base na análise do gráfico apresentado na Figura 61, facilmente se constata que no 2º turno, à medida que o semestre foi decorrendo, a percentagem de alunos que efectuou a entrega dos trabalhos no prazo estabelecido foi diminuindo de forma regular. Já no que respeita ao 1º turno existe uma clara distinção entre o sucedido para os primeiros cinco

trabalhos e para os quatro últimos. A partir do trabalho 6 a percentagem de alunos a entregar trabalhos diminuiu de forma muito significativa.

Os problemas de síntese, que se encontravam no final de cada capítulo da colectânea de exercícios e problemas, eram destinados a serem resolvidos em casa, como era o caso do problema apresentado na Figura 62.

**35. As misteriosas pedras deslizantes** – No Vale da Morte (Califórnia – EUA), numa região denominada Racetrack Playa, leito de um lago seco, um enigma intriga os cientistas e tem desafiado até agora qualquer explicação. Sobre a lama seca do solo, encontram-se grandes blocos de pedra, como o que se pode observar na imagem. O mais interessante é que estes blocos deixaram gravados no solo longos sulcos, que indicam que se deslocaram. Uma hipótese avançada está relacionada com a possibilidade de ventos fortes em dias de grandes tempestades, com forte pluviosidade, terem sido responsáveis pelo fenómeno. Explore esta teoria e procure fundamentar as suas ideias com base em cálculos efectuados.

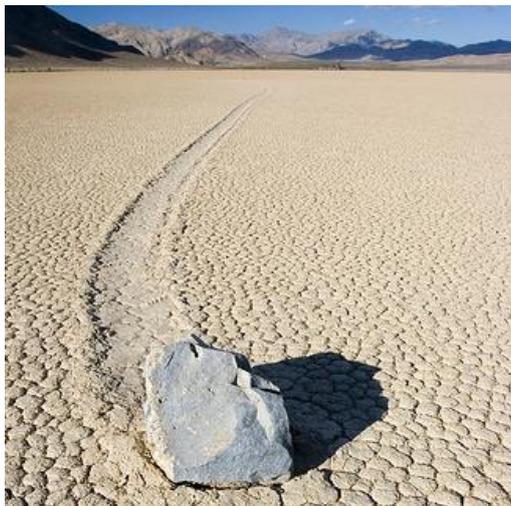


Figura 34

Figura 62 – Problema de síntese integrante da colectânea de exercícios e problemas

De facto este problema despertou a curiosidade de alguns alunos. Ainda que não tenham avançado muito na pesquisa que se pretendia que

efectuassem, exploraram algo da hipótese colocada no enunciado e expuseram algumas ideias. A motivação assume efectivamente um papel importante na evolução do desempenho dos alunos.

Propositadamente, não houve qualquer intenção por parte do professor-investigador de sugerir a abordagem inicial de qualquer deles nos espaços lectivos. A ideia base que presidiu à respectiva inclusão na colectânea de exercícios e problemas foi precisamente que constituíssem material de trabalho autónomo para os alunos. No entanto nenhum dos alunos entregou qualquer proposta de resolução ao professor-investigador.

### **Sessões de orientação tutória**

É importante recordar que este trabalho de investigação decorreu em 2007/08, no segundo ano de funcionamento dos cursos após a sua adequação segundo o modelo de Bolonha. Em relação ao primeiro ano de funcionamento e nos turnos também sob a responsabilidade do professor-investigador, conforme se pode observar na Figura 63, existiu uma diferença significativa.

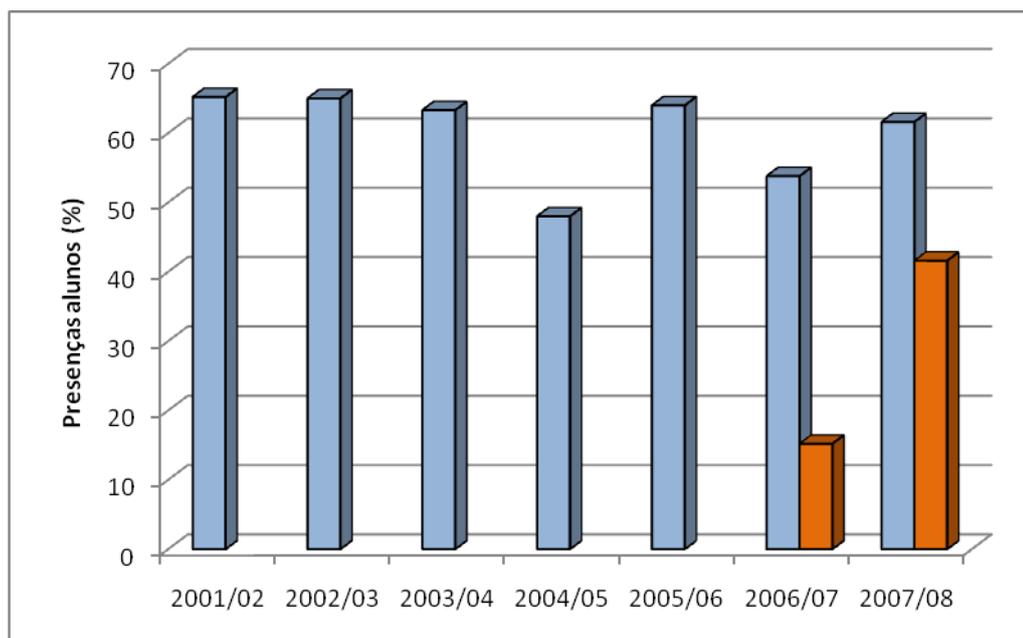


Figura 63 – Percentagem de presenças: nas aulas teóricas, teórico-práticas e práticas (azul); nas sessões de orientação tutorial (laranja)

De salientar o significativo aumento de presenças nas sessões de orientação tutorial, fruto das alterações introduzidas no âmbito deste trabalho de investigação. De facto o envolvimento dos alunos nas actividades tornou-se, sem qualquer dúvida, muito mais efectivo.

Em relação à percentagem de presenças nas aulas, com um mínimo obrigatório estipulado de 75%, para quem frequentasse a disciplina pela primeira vez e não tivesse o estatuto de trabalhador-estudante, não se constataram variações de relevo nem antes, nem após a adequação ao modelo de Bolonha.

É importante sublinhar que no período referenciado no gráfico, anterior à adequação, não existiram como é óbvio sessões de orientação

tutorial. Os alunos tinham a possibilidade de contactar os docentes nas horas de atendimento. Não existe da parte do professor-investigador qualquer registo estatístico em relação ao número de alunos que utilizavam esses tempos de contacto. No entanto, e apenas numa perspectiva de carácter qualitativo, pode afirmar-se que era ao longo do semestre bastante reduzido, aumentando ligeiramente unicamente na proximidade das provas de avaliação. Tratando-se de alunos do primeiro ano e a frequentarem a disciplina pela primeira vez, notava-se algum constrangimento por parte deles em contactarem o docente no gabinete deste.

Existe todo o interesse em cruzar a informação respeitante às percentagens de resoluções de trabalhos de casa entregues com a percentagem de presenças nas sessões de orientação tutorial. A percentagem de alunos presentes nas sessões de orientação tutorial não sofreu, em ambos os turnos, grandes flutuações durante o semestre o que demonstrou um interesse continuado por parte dos alunos, em contraste com a diminuição verificada na entrega de resoluções. Na nossa óptica este facto prendeu-se fundamentalmente com questões relacionadas com a gestão de tempo por parte dos alunos, dado que, ao terem existido naturalmente outras solicitações provenientes de outras unidades curriculares, os alunos tiveram mais dificuldade em conseguir lidar com todas as tarefas, que tinham de realizar.

Um dos grandes problemas que sempre se colocou aos alunos, mas com maior evidência após a adopção do modelo de Bolonha, foi sem dúvida o da gestão racional do tempo. Embora disponham segundo este modelo de uma carga horária lectiva mais reduzida, o novo paradigma

acarreta-lhes um volume de trabalho não presencial muito mais significativo que importa conseguir gerir.

Esta situação encontra-se também patente nas próprias afirmações dos alunos no decurso das entrevistas, quando se abordou o trabalho de casa:

A1: “ Os trabalhos de casa são importantes, mas os prazos de entrega são curtos.”

A3: “ São úteis embora não haja tempo. ”

A6: “ Bons mas não se devia impor datas de entrega. ”

B5: “ Bem, mas um pouco exagerados. Demasiado trabalhosos e há falta de tempo.”

B10: “ Importantes porque vêm de encontro às dificuldades. Não há muito tempo. Há muita pressão.”

### **Utilização do correio electrónico**

Como dados de referência pode constatar-se que foram enviadas e recebidas cerca de quinhentas mensagens relacionadas com as actividades dos alunos dos dois turnos face, por exemplo, às cerca de quarenta mensagens em igual período do ano lectivo anterior e para um aproximado número total de alunos. Em relação a cada um dos turnos observaram-se as seguintes adesões a esta forma de contacto: para o 1º turno, a percentagem

de alunos que utilizaram o correio electrónico para contactar o docente situou-se em torno dos 70%, tendo atingido os 100% para o 2º turno.

### **4.3. A componente experimental**

#### **4.3.1. A análise dos projectos experimentais**

A componente laboratorial da unidade curricular de Mecânica I englobava, como já foi referido anteriormente, a realização de cinco trabalhos experimentais por cada um dos grupos de trabalho constituídos, em cada um dos dois turnos de alunos envolvidos nesta investigação. Conforme descrito no capítulo anterior, os temas dos trabalhos experimentais encontravam-se relacionados com cada um dos capítulos respeitantes ao programa da unidade curricular. Os alunos não dispunham de protocolos previamente elaborados pelo docente, tiveram apenas acesso aos temas (Anexo 1 – CD-ROM) que se pretendia que explorassem e foi-lhes mostrado o material existente no laboratório de Física. Tinham, no entanto, a possibilidade de trazer material do exterior, que julgassem interessante utilizar.

Numa primeira fase os grupos de alunos tiveram que elaborar, para cada trabalho experimental, um projecto escrito que submeteram à análise do professor. Após a referida análise o professor debateu com cada grupo os diversos projectos apresentados transmitindo-lhe o correspondente *feedback*. O docente procurou que fossem os alunos a reflectir sobre as

respostas para as questões que lhes colocou, no sentido de serem eles próprios a encontrar a solução mais adequada para cada caso.

Para cada um dos temas serão em seguida apresentadas algumas das propostas dos grupos de trabalho incluindo os correspondentes comentários por parte do docente.

### **Trabalho prático nº 1 – Lançamento de projecteis**

Em relação aos projectos apresentados relativos ao estudo do movimento de projectil, todos os grupos incluíram na respectiva proposta o dispositivo de lançamento que se pode observar na Figura 64.

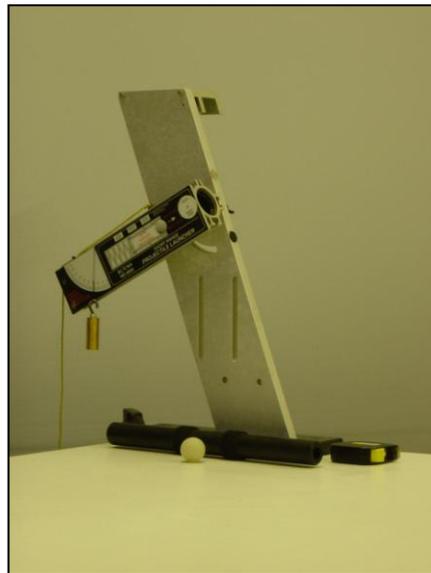


Figura 64 – Sistema de lançamento de projecteis existente no laboratório de Física

No entanto as propostas apresentadas foram bastante diversificadas, ainda que algumas apresentassem ideias de difícil concretização, tendo sido

debatidas com os alunos, que propuseram soluções alternativas. A título de exemplo, um dos projectos envolvia medições de alturas atingidas pelo projectil num determinado lançamento. A concretização destas medidas face aos meios disponíveis afigurava-se algo complexa. Os alunos reformularam o projecto e optaram por determinar alturas máximas atingidas para lançamentos efectuados segundo diferentes ângulos de inclinação, a partir da medida dos diversos tempos de voo do projectil.

Tal como já referido, cada projecto era analisado e comentado pelo docente, conforme se pode observar na Figura 65 . Depois de informado o grupo de trabalho, seguia-se o debate de ideias com o docente.

Trabalho Experimental n.º 1

Lançamento de projecteis

Procedimento experimental:

- Uma pistola de brincar dispara horizontalmente uma bola contra uma parede, atingindo-a 0,8 metros abaixo da posição inicial.

Objectivos:

- Determinar a distância a que o lançador deve ser colocado da parede para que a bola disparada atinja a parede 0,8 metros abaixo da posição inicial;
- Calcular o tempo que a bola demora a atingir a parede;
- Determinar a velocidade que a bola leva ao atingir a parede;

Material necessário:

- Lançador de projecteis;
- Esfera de plástico;
- Alvo em acrílico;

Observações:

- 1- Não compreendo a alusão à pistola de brincar, quando em seguida referem o lançador de projecteis. Tratou-se de uma ideia inicial que depois abandonaram?
- 2- Como pensam determinar experimentalmente a velocidade da bola quando atinge a parede?
- 3- Devem clarificar melhor o vosso projecto.

Figura 65 – Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo ao estudo de projecteis

## Trabalho prático nº 2 – Força e movimento

Os grupos de trabalho recorreram à utilização de um dispositivo existente no laboratório constituído por um veículo que desliza sobre um carril rectilíneo, movido por um sistema de acção gravítica, associado a um sensor e a um sistema de aquisição de dados, que regista o movimento do veículo, como se pode observar na Figura 66. A partir da informação recolhida, o programa de tratamento de dados possibilita a obtenção de curvas referentes à posição, velocidade e aceleração do movimento do veículo, bem como disponibiliza outras funções que podem ser utilizadas no estudo desse movimento.

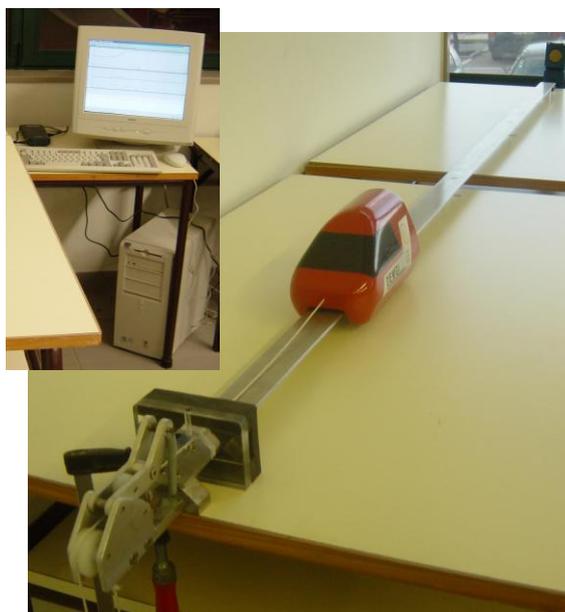


Figura 66 – Dispositivo existente no laboratório de Física destinado a estudos de movimentos e da sua relação com as forças actuantes

Os projectos apresentados foram também muito variados, sendo que um deles se encontra ilustrado na Figura 67. Uma proposta que importa destacar, apresentada por um dos grupos, tinha por objectivo o estudo do movimento do veículo após travagens efectuadas em diversos pontos do trajecto, consequentemente com velocidades distintas, em sucessivos ensaios.

**Material necessário:**

Sistema de propulsão (carro e carris), computador, bloco de notas

**Objectivos**

Verificar as várias formas que alteram o movimento, com alteração de várias certas forças e de outras características que regem o movimento

Alterar a massa propulsora para o estudo de novos movimentos para princípios do movimento iguais, ou seja, só alterar a massa propulsora. princípios só

**Procedimento**

Lançamento do carrinho com várias velocidades várias

Registar dados informáticos informáticos

Alterar certas componentes do movimento e registar alterações (comparar com gráficos anteriores) gráficos

Estudo e relação dos resultados.

Observações:

- 1- O projecto apresentado é demasiado resumido. Deviam ter explicado de forma mais clara as vossas ideias.
- 2- Como pensam fazer variar a velocidade inicial do veículo?
- 3- Quando afirmam: "Alterar certas componentes do movimento(...)", estão a pensar concretamente em quais?
- 4- Atenção à redacção do texto.



Figura 2

Figura 67 – Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo ao estudo da relação entre forças e movimentos

### Trabalho prático nº 3 – *Energia mecânica*

O sistema que os grupos de trabalho utilizaram consiste numa calha ao longo da qual se pode deslocar um pequeno veículo. Conforme se pode observar na Figura 68, a calha a partir de determinado ponto tem uma forma circular no plano vertical.

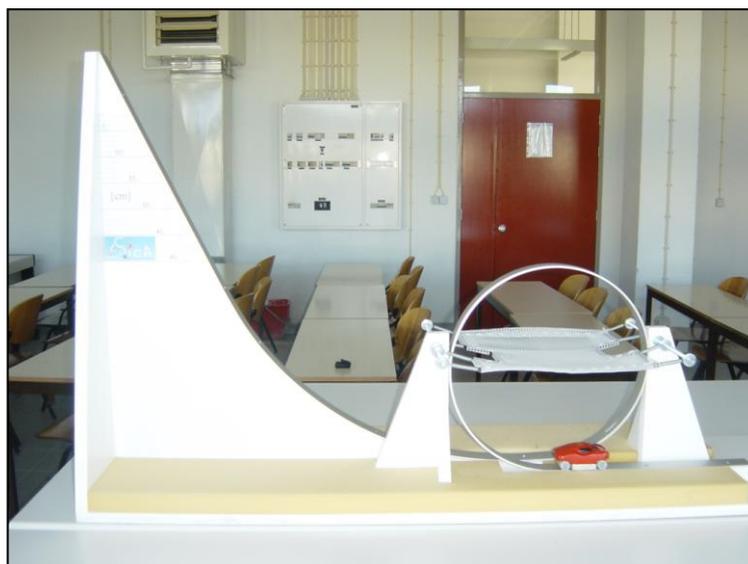


Figura 68 – Dispositivo existente no laboratório de Física, apetrechado com uma calha com um *looping* destinado a estudos de energia mecânica

Os projectos propostos para o estudo experimental do tema Energia mecânica não apresentaram uma diversidade tão significativa como sucedeu com os dois primeiros trabalhos. Ainda que vários grupos tenham enveredado, tal como aquele que sugeriu a proposta representada na Figura 69, por projectos envolvendo a determinação da altura mínima de saída do veículo para que a calha possa ser totalmente percorrida, surgiram também propostas mais originais como a que propôs imprimir uma velocidade inicial ao veículo e comparar o seu comportamento dinâmico com o ocorrido quando o veículo fosse simplesmente largado.

### Trabalho prático n.º 3:

#### Energia Mecânica

##### Introdução:

O objectivo deste relatório é verificar experimentalmente situações em que ocorre variação da energia mecânica.

##### Descrição experimental:

Para a execução deste trabalho é preciso uma fita métrica, o dispositivo representado na figura 1.



Figura 1

Neste trabalho pretende-se calcular:

A altura necessária de largada do veículo de modo a que descreva o looping na iminência de cair, sendo assim basta apenas medir o ponto mais alto da calha.

A velocidade no ponto mais alto da calha sabendo que o veículo é largado de uma altura (a qual vai ser medida) que permite ao veículo descrever o looping sem cair.

##### Observações:

- 1- Projecto demasiado resumido, deixando muitos aspectos por clarificar.
- 2- Para determinar a altura de largada do veículo que referem será que é suficiente medir a altura do ponto mais alto da calha? Porquê?
- 3- Como pensam determinar experimentalmente a velocidade do veículo no ponto mais alto da calha circular?

**Trabalho realizado por:**

Figura 69 – Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre energia mecânica

### **Trabalho prático nº 4 – *Momento linear***

A montagem representada na Figura 70 destina-se ao estudo de processos de colisão perfeitamente inelástica. É constituída por um sistema que permite o disparo de esferas de plástico ou metálicas e por um pêndulo vertical. A esfera é disparada e colide com o pêndulo no qual fica retida. O sistema move-se em conjunto até um ponto de altura máxima, que é registado pela montagem.



Figura 70 – Dispositivo existente no laboratório de Física para estudos de colisões

Tendo por objectivo o estudo do Momento linear, os projectos apresentados pelos grupos de trabalho propuseram na sua totalidade a utilização do dispositivo existente no laboratório, tal como sucedeu com o projecto apresentado na Figura 71. Neste caso os alunos propuseram diferentes ensaios fazendo variar a massa do pêndulo, com o objectivo de

verificar qual a sua influência nos processos de colisão. Outro grupo de trabalho propôs utilizar esferas de diferentes massas, com um propósito semelhante.

<p><b>Introdução</b></p> <p>Todos os corpos, quando se deslocam a uma determinada velocidade são possuidores <u>que um</u> determinada quantidade de movimento. <u>de uma</u></p> <p>É do senso comum que um camião, mesmo que a uma velocidade reduzida, pode provocar mais “estragos” quando colide com outro corpo do que um automóvel à mesma velocidade. Por sua vez, se o carro circular a uma velocidade muito mais elevada que o camião fará mais “estragos” na mesma situação de colisão.</p> <p>Destes factos podemos concluir que o momento linear, ou quantidade de movimento, depende directamente da massa do corpo e da sua velocidade.</p> <p>Nesta actividade experimental vamos tentar demonstrar isso mesmo, assim como tentaremos distinguir as diferentes colisões existentes.</p> <p><b>Material:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de lançamento de projecteis</li> <li>• Balança</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Massas variadas</li> </ul>	<p><b>Procedimento experimental:</b></p> <p><b>Determinar o momento linear de um corpo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar o lançador de <u>projecteis</u> em posição horizontal e <u>projecteis</u> suspender o pêndulo à sua frente;</li> <li>• Determinar a massa do projectil e a massa do pêndulo;</li> <li>• Realizar o lançamento medindo o deslocamento do pêndulo e o tempo necessário para esse deslocamento;</li> <li>• Considerando que há conservação de energia cinética no sistema, e sabendo que a velocidade do pêndulo é dada pelo quociente entre o deslocamento e o intervalo de tempo, calcular a velocidade do projectil;</li> <li>• Efectuar o cálculo do momento linear do corpo.</li> </ul> <p><b>Distinguir diferentes processos de colisão:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar novos lançamentos, fazendo variar a massa do pêndulo e mantendo a velocidade inicial do projectil;</li> <li>• Verificar o que acontece com a energia cinética do sistema e retirar as devidas conclusões.</li> </ul> <p><b>Observações:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Qual a necessidade de efectuarem a medição do tempo? Pensem se possível com o cronómetro e efectuar medições ligeiros de intervalos de tempo não curtos?</li> <li>2. Será verdade, como afirmam, que a velocidade do pêndulo é dada pelo quociente que referem?</li> <li>3. Como pretendem variar a massa do pêndulo?</li> </ol>
---	---

Figura 71 – Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre colisões

## Trabalho prático nº 5 – Dinâmica de rotação

O dispositivo representado na Figura 72 é composto pelo aparelho de rotação e por uma massa propulsora. Pode ser utilizado em diversos trabalhos práticos envolvendo estudos de cinemática e/ou dinâmica de rotação.



Figura 72 – Dispositivo existente no laboratório de Física para estudos de cinemática e dinâmica da rotação

Em relação a este trabalho prático, os projectos apresentados pelos grupos de trabalho indicaram o recurso à utilização deste dispositivo, ainda que as propostas tenham sido bastante diversificadas. Uma delas, tal como sucedeu com o projecto apresentado na Figura 73, propôs como objectivo verificar experimentalmente qual o papel desempenhado pelo momento de inércia na dinâmica de rotação. Para tal o grupo em causa considerou a utilização de uma bola de ténis e de uma bola de hóquei em patins.

**Escola superior de tecnologia de Viseu**

MECÂNICA I

Dinâmica de rotação

**Objectivos**

- Verificar experimentalmente, o papel desempenhado pelo momento de inércia de um corpo rígido, em dinâmica de rotação.

**Material necessário**

- 1 massa
- Uma bola de ténis e uma bola de hóquei patins hóquei em patins
- Máquina de rotação Máquina
- Cronómetro Cronómetro
- Balança digital

**Procedimentos**

- Pesam-se ambas as bolas Pretendem determinar as massas e não pesos!
- Pesa-se a massa em utilização
- Coloca-se a bola em cima superfície de rotação cima da
- Larga-se a massa
- Cronometra-se o tempo ate esta colidir com o chão até
- Repete-se este procedimento para a segunda bola

Observações:

- 1- O projecto deve ser apresentado de forma mais detalhada.
- 2- Não se devem limitar a uma simples verificação do papel do momento de inércia.
- 3- Atenção à redacção do texto.

Trabalho realizado por: [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

Figura 73 – Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre dinâmica de rotação

A análise que o professor-investigador efectuou dos projectos experimentais teve por base quatro vertentes: estrutura do projecto e objectivos, clareza da linguagem, originalidade e possibilidade de execução do projecto. Para cada uma destas vertentes atribuiu as seguintes classificações de cariz qualitativo: A- Muito Bom; B – Bom; C – Suficiente e D – Insuficiente. Estas classificações também serviram de mote para o debate tido com os alunos acerca dos projectos.

Em relação à estrutura e objectivos procurou o professor-investigador analisar a forma como os alunos esquematizaram o projecto, definiram os objectivos a alcançar, seleccionaram o material necessário e planificaram a experiência.

Na Figura 74 evidencia-se a classificação dos projectos quanto à respectiva estrutura e definição de objectivos.

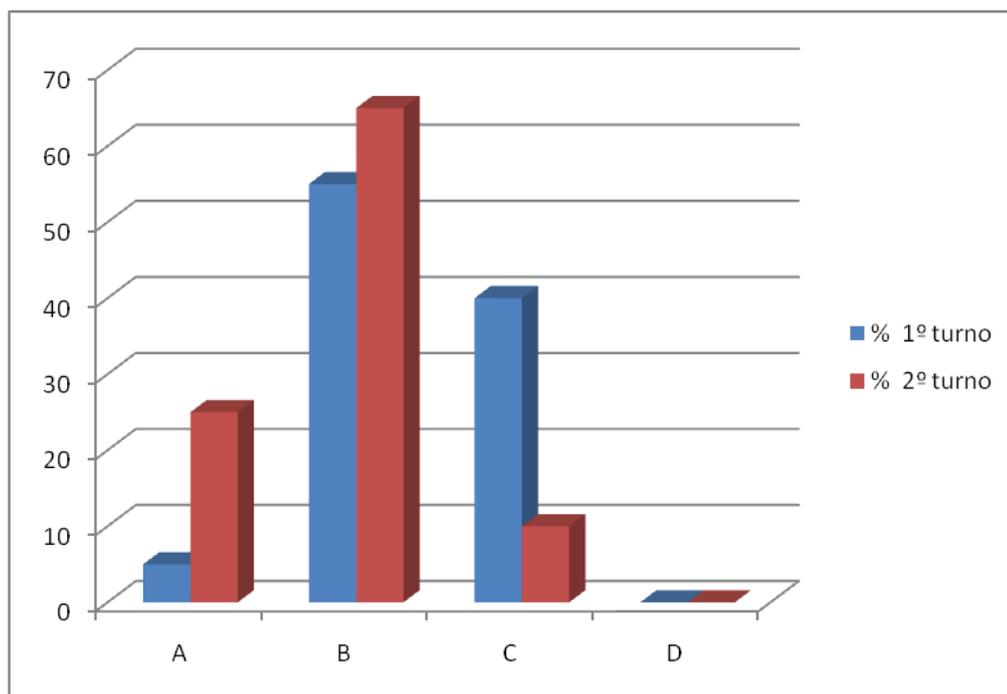


Figura 74 – Projectos - distribuição percentual da classificação quanto à estrutura e objetivos

Em ambos os turnos o desempenho dos alunos em relação à estrutura e formulação de objetivos do projecto foi maioritariamente bom. De destacar alguns alunos que efectivamente atingiram um patamar mais elevado, particularmente no 2º turno.

Outro aspecto bastante importante, que foi também observado e se encontra ilustrado na Figura 75, prendeu-se com a utilização da linguagem escrita.

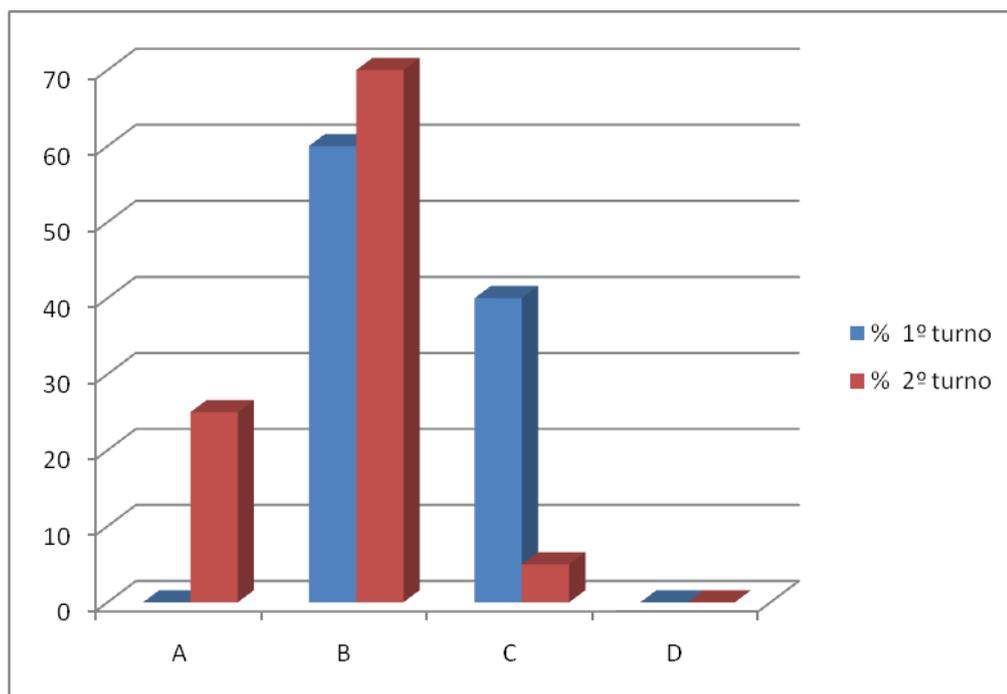


Figura 75 – Projectos – distribuição percentual da classificação quanto à correcta utilização da linguagem escrita

Conforme se pode verificar através da Figura 75, também neste item a maioria dos alunos atingiu uma boa prestação. De salientar, principalmente em relação ao 1º turno, algumas debilidades de linguagem que urgia ultrapassar.

Este tipo de estratégia utilizada na componente experimental revelou-se igualmente como um teste à capacidade dos alunos em planificarem experiências com alguma criatividade, evidentemente limitada pelo material disponível no laboratório. A Figura 76 apresenta a distribuição da classificação dos projectos quanto à sua originalidade.

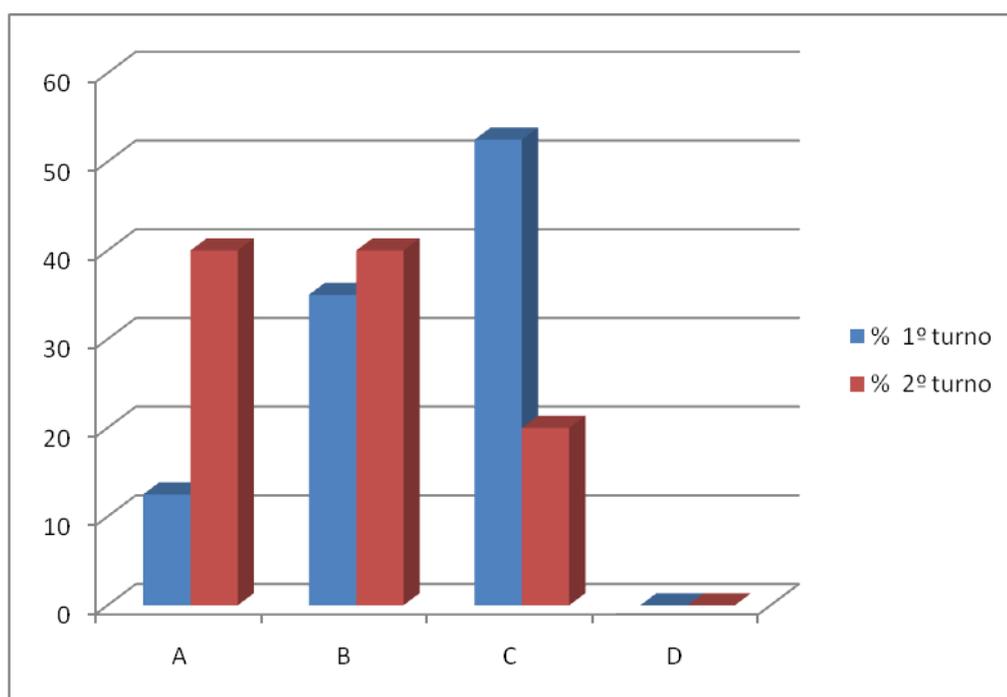


Figura 76 – Projectos – distribuição percentual quanto à classificação da originalidade da proposta

No que se refere à criatividade das propostas de projectos apresentadas destaca-se que uma razoável percentagem delas atingiu o nível mais alto da classificação.

Um quarto aspecto que foi igualmente apreciado esteve relacionado com a possibilidade de execução dos projectos apresentados. Os alunos tinham conhecimento prévio do material existente e da possibilidade de trazerem de casa objectos de uso corrente que pretendessem incluir nas experiências. Face a estas condicionantes o professor-investigador avaliou a exequibilidade dos projectos, tal como se pode observar na Figura 77.

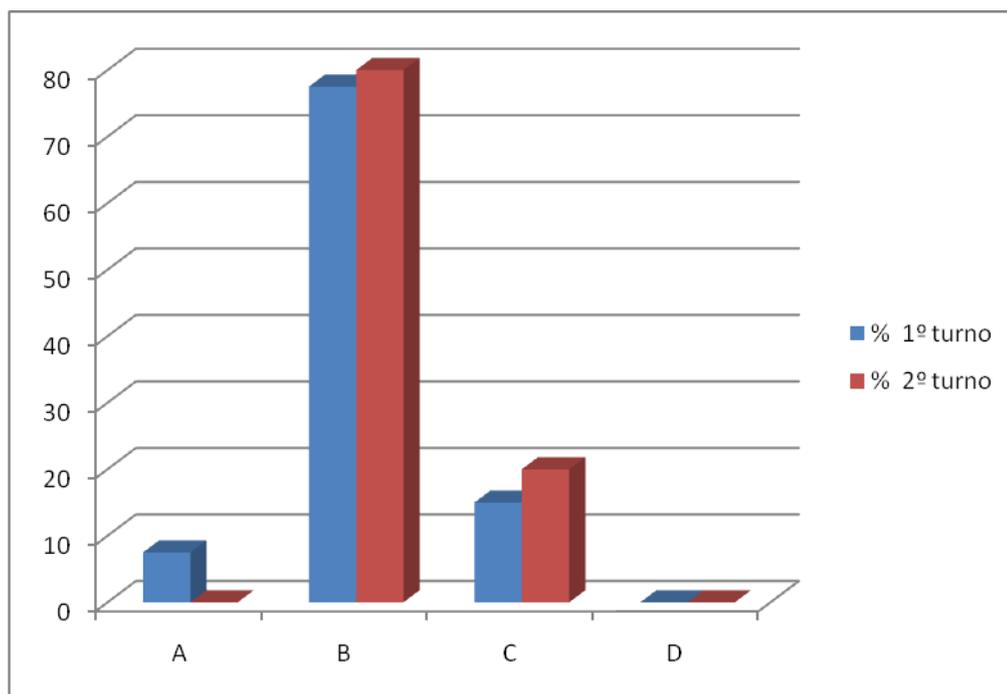


Figura 77 – Projectos – distribuição percentual da classificação quanto à sua exequibilidade

Neste ponto analisado há que referir que a grande maioria dos projectos garantia à partida uma boa viabilidade de execução, com um outro aspecto a necessitar de algum ajustamento. Estes ajustamentos foram na sua maioria pensados e levados a cabo pelos próprios elementos dos grupos, com uma ou outra sugestão do docente.

Em síntese, pode afirmar-se que os alunos de ambos os turnos tiveram uma razoável a boa prestação na elaboração dos seus projectos de índole experimental.

Em relação às opiniões manifestadas na entrevista sobre a elaboração dos projectos experimentais, deve sublinhar-se que a quase totalidade dos alunos se referiu de forma muito favorável a esta estratégia da componente

experimental. Realçaram o interesse na elaboração dos projectos e a sua influência benéfica na execução laboratorial. Destacam-se algumas observações:

A8: “ Está bem sermos nós a fazer o projecto. Obriga a estar dentro dos assuntos. A própria execução prática torna-se mais simples e perceptível.”

A19: “ É ótimo porque a experiência é criada por nós. Idealizamos algo que conseguimos fazer. A execução no laboratório torna-se mais agradável.”

B10: “ Fazer o projecto é importante porque será uma preparação para o futuro. Com o guião era tipo receita. O projecto ajudou também na realização do trabalho porque já estávamos dentro dos assuntos.”

Mas também foram transmitidas opiniões menos favoráveis:

A5: “ Em relação ao projecto acho bom e mau. Para um aluno com boa preparação a Física sim, agora para mim que só tenho Física até ao 9º ano é bem mais difícil.”

B5: “ O projecto pode ser complicado por falta de hábito. No entanto obriga a pensar e fica-se mais à vontade para realizar a experiência.”

Apresenta-se em seguida na Figura 78 e para cada um dos dois turnos os resultados obtidos na avaliação, sob a forma de uma média, para cada um dos temas de trabalhos executados experimentalmente.

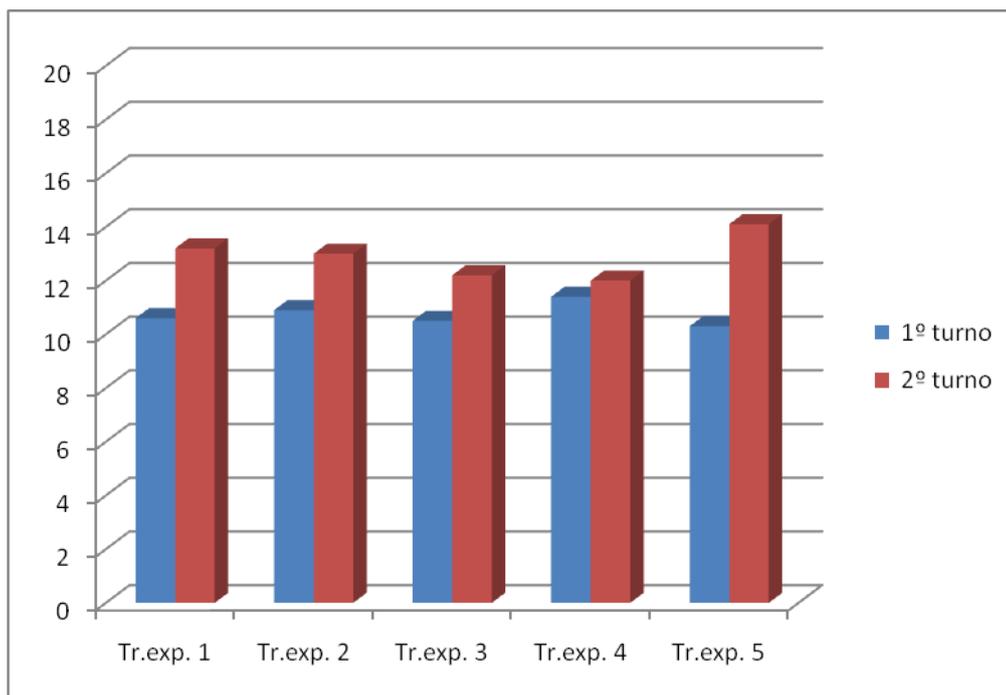


Figura 78 – Relatórios: média das classificações por tema de trabalho experimental

A partir da análise desta figura pode concluir-se facilmente que, em média e para qualquer um dos cinco tipos de trabalhos experimentais, os resultados obtidos pelos alunos do 2º turno foram superiores.

Na Figura 79 apresenta-se a distribuição percentual das classificações obtidas nas apresentações e discussões dos trabalhos experimentais.

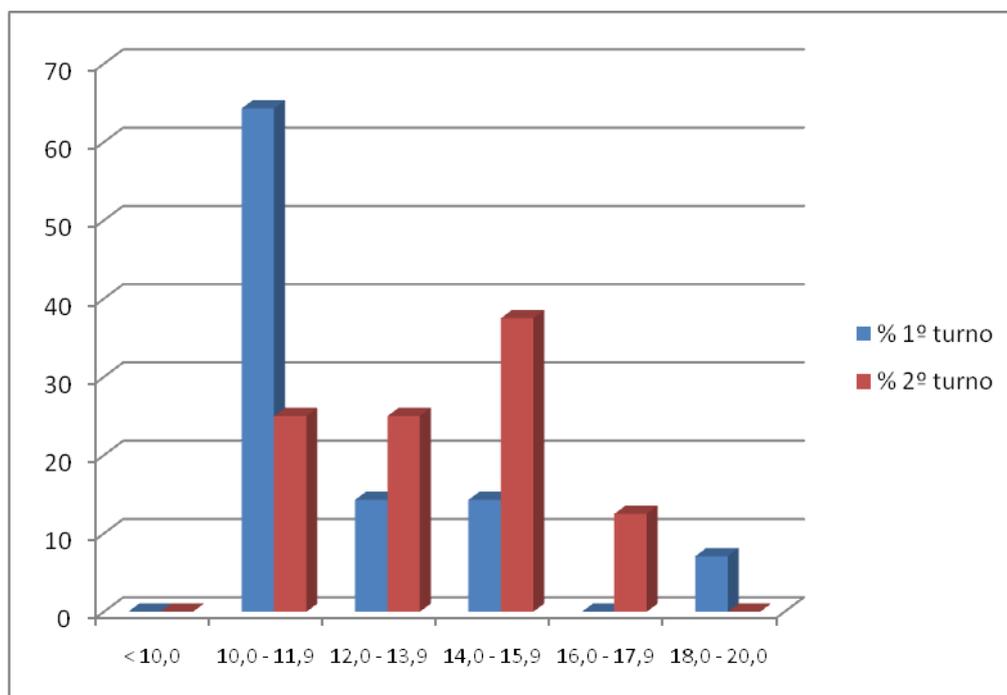


Figura 79 – Distribuição percentual das classificações das apresentações e discussões públicas dos trabalhos experimentais

Com base na observação desta figura pode concluir-se que os resultados obtidos pelos alunos do 2º turno foram melhores que os dos seus colegas do 1º turno.

#### 4.4. A avaliação dos alunos

Os resultados obtidos pelos alunos nos três mini-testes efectuados ao longo do semestre: 1º mini-teste – Cinemática do Ponto Material, 2º mini-teste – Dinâmica do Ponto Material e 3º mini-teste - Impulso, Momento Linear, Trabalho e Energia, podem ser avaliados a partir da análise das Figuras 80, 81 e 82.

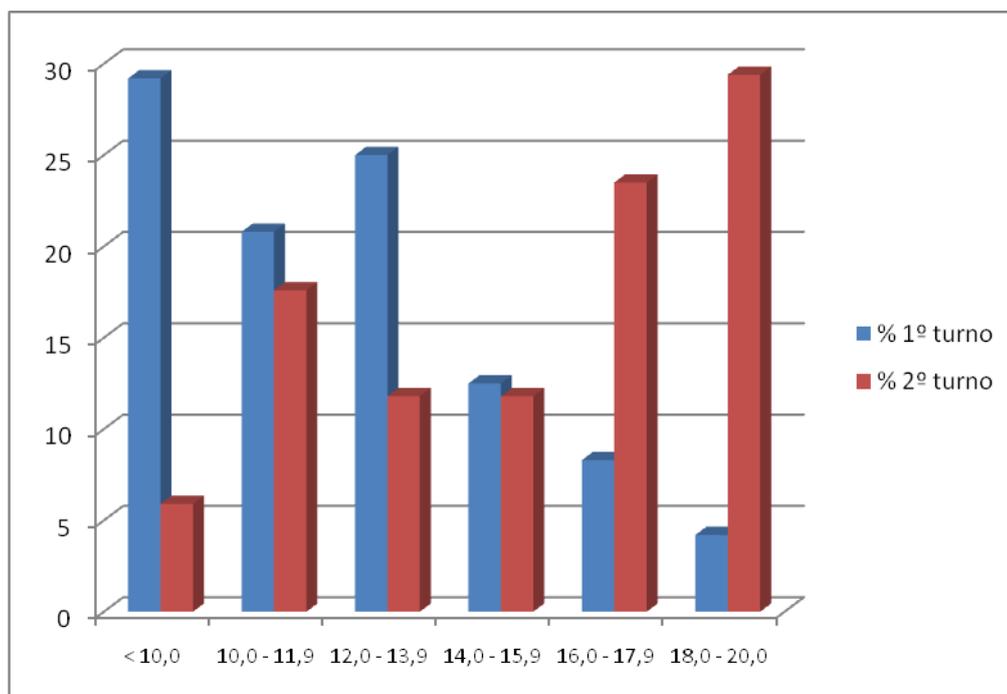


Figura 80 – Distribuição percentual das classificações no 1º mini-teste

No que diz respeito ao 1º mini-teste os resultados dos dois turnos foram bastante contrastantes. Enquanto no 1º turno a percentagem mais elevada foi de classificações inferiores a 10,0 valores, no 2º turno a percentagem mais significativa correspondeu a classificações

compreendidas entre 18,0 e 20,0 valores, logo seguida pela percentagem referente a classificações compreendidas entre 16,0 e 17,9 valores. Manifestamente que os alunos do 2º turno obtiveram melhores resultados.

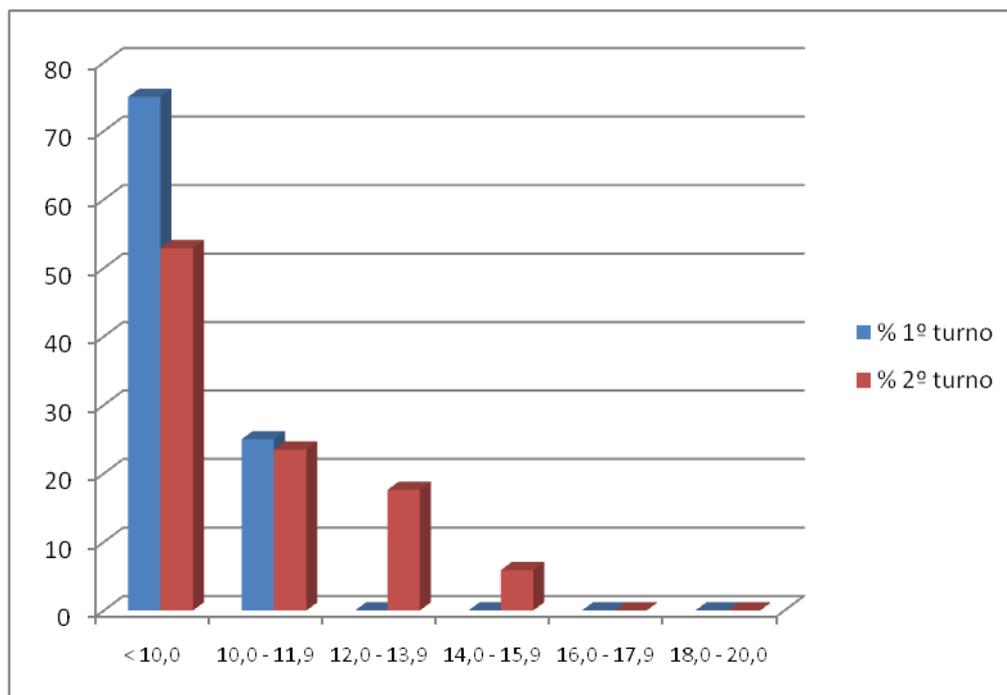


Figura 81 – Distribuição percentual das classificações no 2º mini-teste

Relativamente ao 2º mini-teste a conclusão mais evidente é que os alunos dos dois turnos tiveram uma prestação muito abaixo da que tinham tido no 1º mini-teste. A acrescentar a este facto constata-se a elevada percentagem de classificações inferiores a 10,0 valores nos dois turnos, com especial relevância para o 1º turno.

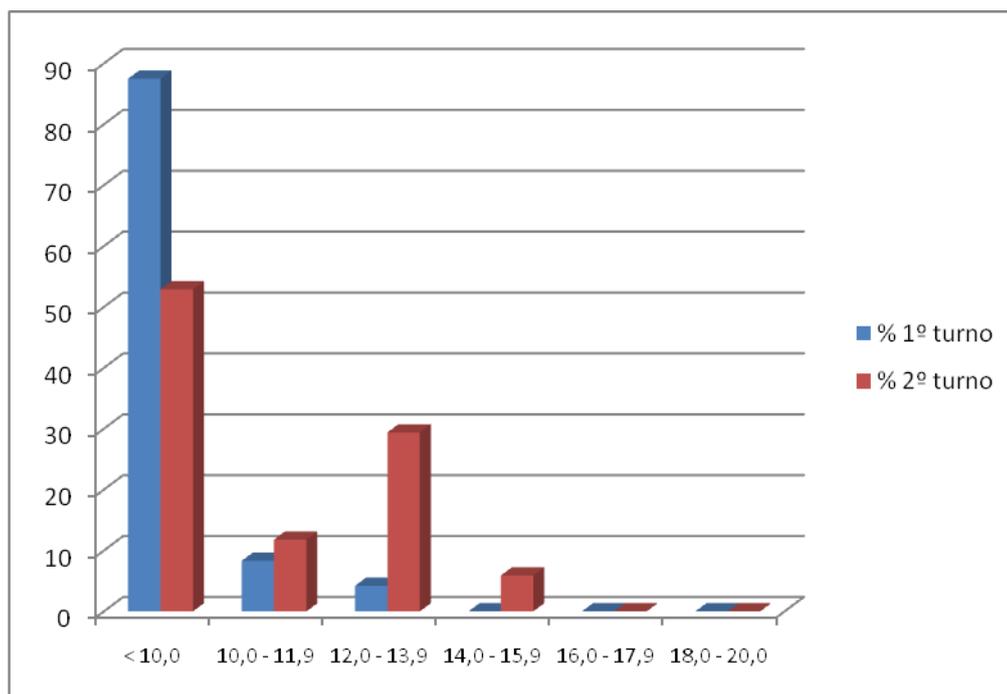


Figura 82 – Distribuição percentual das classificações no 3º mini-teste

Abordando por último o 3º mini-teste registou-se alguma recuperação dos alunos do 2º turno face ao que tinha sido o seu registo no 2º mini-teste, em evidente contraste com o que sucedeu no 1º turno, cujos resultados foram ainda mais modestos que os verificados no 2º mini-teste.

Acerca dos mini-testes importa neste ponto abordar as ideias acerca deles transmitidas pela generalidade dos alunos, aquando das entrevistas individuais. Curiosamente a esmagadora maioria dos alunos de ambos os turnos considera a estratégia de utilização dos mini-testes muito útil porque faz com que a matéria seja devidamente acompanhada e estudada ao longo do semestre:

A3: “ São úteis. Fazem com que se estude.”

A10: “ Ajudam a estudar ao longo do semestre.”

B16: “ Bastante bons para ter a matéria em dia.”

Contudo foram manifestadas uma ou outra opinião mais realista:

B1: “ Não se retira todo o proveito dos mini-testes porque não se estuda devidamente.”

B14: “ Obrigam a estudar, se bem que o tempo não é devidamente aproveitado.”

Em função dos resultados que os alunos obtiveram nos três mini-testes realizados ao longo do semestre, apenas 8,3 % dos alunos tiveram um registo positivo e 52,9 % no 2º turno.

Antes de se abordarem os resultados obtidos pelos alunos nas provas de avaliação escrita, importa fazer referência às classificações atribuídas na componente assiduidade e qualidade de participação, evidenciadas na Figura 83. Deve recordar-se que os alunos inscritos pela primeira vez nas unidades curriculares do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial estão obrigados a uma percentagem de presenças mínima nas aulas de 75%. Nos casos em que o registo de 75% não tiver sido atingido, o aluno não terá classificação a esta componente. Os trabalhadores-estudantes encontram-se legalmente dispensados deste requisito. Também os alunos que em ano lectivo anterior tiverem esse registo mínimo de presenças estão dispensados, se assim o entenderem da frequência às aulas. Será nesse caso atribuída na avaliação a classificação obtida nesse ano lectivo.

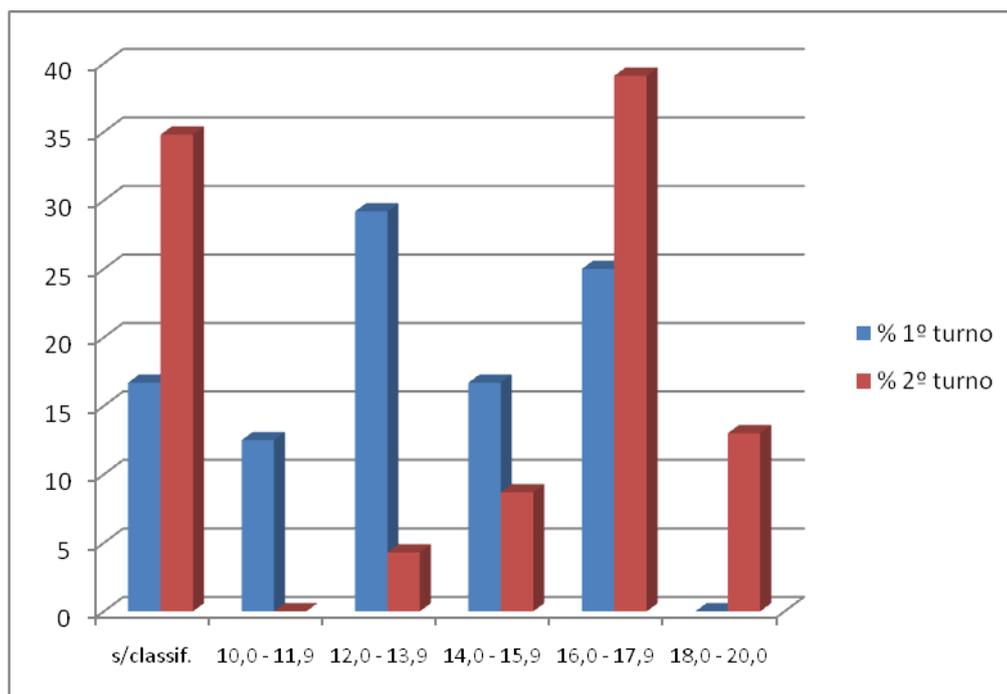


Figura 83 – Distribuição percentual das classificações de assiduidade e qualidade de participação

De salientar face à análise da Figura 83 a considerável percentagem de alunos do 2º turno sem classificação nesta componente. A quase totalidade dos alunos nessas circunstâncias já tinha frequentado as aulas em ano lectivo anterior. Também no que respeita à assiduidade e qualidade de participação os alunos do 2º turno tiveram uma melhor prestação.

As provas de frequência, exame e exame de recurso completaram o quadro de avaliação de Mecânica I. Apresentam-se na Figura 84 os resultados obtidos pelos alunos englobados num único gráfico, nele sendo considerado o melhor resultado, para alunos que tenham realizado mais do que uma das provas.

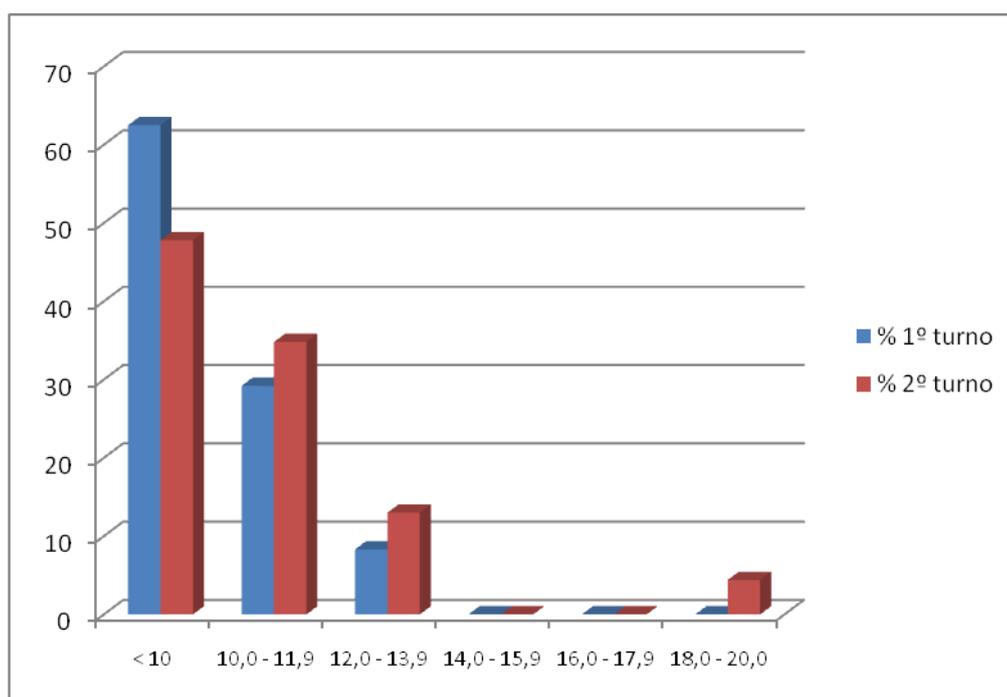


Figura 84 – Distribuição percentual das classificações obtidas nas provas escritas de Mecânica I

Os resultados obtidos nas provas escritas foram ligeiramente melhores para os alunos do 2º turno. De salientar pela negativa as elevadas percentagens de insucesso em qualquer dos dois turnos.

De forma a poder-se efectuar uma análise comparativa entre as prestações dos alunos destes dois turnos face à totalidade dos alunos inscritos nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia e Gestão Industrial, foi necessário ter em conta que o 1º turno teve a frequentar alunos dos dois cursos. Deste modo a percentagem de sucesso de alunos de Engenharia Mecânica que frequentaram o 1º e 2º turno foi de 54,5% face à percentagem global para todo o curso de 44,8%. Em relação aos alunos de Engenharia e Gestão Industrial que frequentaram o 1º turno, a respectiva percentagem de sucesso situou-se em 21,4%, enquanto para a totalidade de

alunos do curso a respectiva percentagem de sucesso foi de 13,0%. Deve salientar-se sobretudo e constituir motivo de reflexão a reduzida taxa de sucesso de Mecânica I em Engenharia e Gestão Industrial. Em relação a Engenharia Mecânica, embora o panorama tenha sido mais favorável, há que recordar que as classificações dos alunos aprovados no 1º e 2º turno foram em média relativamente baixas.

#### **4.5. A análise das entrevistas**

Conforme já referido, foram realizadas entrevistas individuais aos alunos dos dois turnos com que o professor-investigador desenvolveu este trabalho de investigação. As entrevistas não foram de carácter obrigatório, pelo que compareceram no horário previamente definido com cada aluno, aqueles que entenderam ou tiveram a possibilidade de estar presentes. Realizaram-se vinte e nove entrevistas, respeitantes a quinze alunos do 1º turno e catorze alunos do 2º turno. No anexo oito encontra-se o guião da entrevista e no anexo nove o protocolo da entrevista A1. No anexo dez encontram-se os quadros gerais de comparação de dados.

A partir desses quadros e para cada uma das questões colocadas foi efectuada uma análise das respostas obtidas para cada um dos turnos.

A primeira questão colocada estava relacionada com o modo de funcionamento integrado das aulas teóricas e aulas teórico-práticas. A totalidade dos alunos dos 1º e 2º turnos pronunciou-se favoravelmente em relação a esta estratégia adoptada, conforme se pode constatar a partir da análise do quadro geral correspondente.

A segunda questão formulada aos alunos dizia respeito à utilização de meios multimédia nas aulas. Também nesta questão os alunos de ambos os turnos são unânimes em destacar o interesse que deriva do recurso a tais meios. Importa relevar que quer os alunos do 1º turno, quer os alunos do 2º turno fazem uma particular referência às animações construídas em *Power Point* e aos vídeos inseridos nas apresentações, chamando a atenção para o seu contributo na compreensão de determinados assuntos.

A questão três abordou os exercícios e os problemas que foram propostos na colectânea distribuída aos alunos. Embora se verifique que as opiniões manifestadas, em ambos os turnos, tenham sido diversificadas, é possível constatar que a maioria dos alunos reconheceram as vantagens que a introdução de problemas

com determinadas características lhes podem trazer. Contudo dois alunos em cada um dos turnos manifestaram o seu desagrado relativamente aos problemas que propositadamente apresentavam dados em excesso ou falta de dados.

A questão quatro solicitou a opinião dos alunos relativamente à importância dos pré-testes, aos quais tinham de responder antes da abordagem de cada capítulo do programa. Nesta pergunta pode registar-se que a contrastar com a opinião favorável de todos os alunos do 2º turno existiram respostas desfavoráveis de quatro alunos do 1º turno. Estas respostas basearam-se sobretudo no facto de ao serem alunos com uma menor preparação na área de Física, não terem visto vantagem em realizar os pré-testes.

Na questão cinco o professor-investigador pediu aos alunos que se pronunciassem acerca da metodologia utilizada nas aulas práticas. De salientar a adesão manifestada pelos alunos de ambos os turnos relativamente à elaboração do projecto e à execução experimental, salientando que se tratou de uma estratégia válida em virtude de serem os próprios a reflectirem, a conceberem e realizarem as experiências.

A questão seis colocou os alunos perante a necessidade de manifestarem as suas opiniões em relação às sessões tutórias. No

1º turno ainda que os alunos reconheçam a sua importância, não deixam de referir que por vezes não são devidamente aproveitadas pelos alunos. Já no 2º turno as ideias transmitidas reflectem também a importância conferida a essas sessões, sendo que apenas um aluno se referiu a necessidade de uma maior assiduidade.

Na questão sete o professor-investigador solicitou aos alunos que se manifestassem acerca da influência do trabalho de casa proposto pelo professor na respectiva aprendizagem. No 1º turno ainda que uma considerável maioria dos alunos, treze em quinze entrevistados, tenha considerado o trabalho de casa como importante, não deixa de ter significado que seis alunos tenham referido a falta de tempo para os realizar. No 2º turno ocorreu uma maior dispersão de respostas se bem que convergissem em considerar como útil esta estratégia adoptada. Também neste turno quatro alunos consideraram excessivos os trabalhos enviados para casa e invocaram a falta de tempo para dar resposta a essas solicitações.

A questão oito pretendeu que os alunos se pronunciassem acerca de aspectos relativos ao seu relacionamento com o professor. Em qualquer dos turnos os alunos classificaram de

bom esse relacionamento e consideraram o ambiente existente nas aulas como descontraído.

Na sequência da questão anterior, a questão nove abordou as formas de contacto disponibilizadas pelo professor. A opinião dos alunos em ambos os turnos foi muito favorável.

A questão dez procurou que os alunos manifestassem a sua opinião acerca dos mini-testes. A maioria dos alunos de qualquer dos turnos, oito no 1º turno e onze no 2º turno, destacou o facto dos mini-testes promoverem um estudo repartido ao longo do semestre, aspecto considerado favorável pelos alunos.

Relativamente à questão onze, os alunos tiveram de se pronunciar acerca da avaliação periódica de desempenho que realizavam em conjunto com o professor. Para os alunos dos dois turnos o facto que mais relevaram prendeu-se com a percepção com que ficavam, após o diálogo com o professor, acerca dos temas em relação aos quais teriam de colocar mais empenho e trabalhar mais.

Por fim a questão doze remetia a opinião dos alunos para as provas de avaliação. A maioria dos alunos, em qualquer dos turnos, não emitiu uma opinião concreta. Os restantes alunos, em

termos gerais, consideraram as provas adequadas face aos conteúdos programáticos envolvidos.