

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES E CONDIÇÕES DE FLUTUAÇÃO EM ESTAÇÕES LABORATORIAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL

Archimedes' principle and buoyancy conditions in middle school lab stations

Ana Rita Mota

J. M. B. Lopes dos Santos

*CF/UM/UP, Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto
4169-007 Porto, Portugal*

Recebido em: 09/05/2019

Aceito em: 25/05/2020

Resumo

Este artigo descreve e analisa um conjunto de estações experimentais concebidas para ajudar os alunos na compreensão do Princípio de Arquimedes e das condições de flutuação. Estas estações foram implementadas em duas escolas portuguesas do Ensino Fundamental e constituem parte de um módulo didático, construído com base em indicadores de estudos internacionais sobre o tema. Os professores envolvidos no projeto tiveram formação sobre o módulo desenvolvido. Para avaliar a eficácia do módulo, os alunos realizaram um questionário de 24 questões antes e após a sua implementação. Os resultados sugerem que as estações laboratoriais foram importantes no combate às concepções alternativas, mas insuficientes no que respeita à aplicação da Segunda Lei de Newton no contexto do Princípio de Arquimedes e condições de flutuação.

Palavras-chave: *Princípio de Arquimedes (Lei do Empuxo); Ensino Experimental; Ensino Colaborativo; Estações laboratoriais; Ensino Fundamental*

Abstract

This paper describes and analyzes a set of experimental stations designed to help students understand the Archimedes' principle and buoyancy conditions. These stations were implemented in two Portuguese middle schools and are part of a didactic module, designed on the basis of indicators of international studies on the subject. The teachers involved in the project were trained on the developed module. To evaluate the effectiveness of the module, students answered a questionnaire of 24 questions, before and after the classes. The results suggest that the laboratory stations were relevant to replace alternative conceptions, but less effective regarding the application of Newton's Second Law in the context of the Archimedes' principle and buoyancy conditions.

Keywords: *Archimedes' principle; Buoyancy force; Collaborative learning; Lab Stations; Middle School*

I. INTRODUÇÃO

Como prever se um objeto, colocado num fluido, flutua ou afunda? Esta é provavelmente uma das primeiras questões que inquieta qualquer estudante entusiasta por Ciência. Contudo, a resposta não é tão fácil como parece...

O Princípio de Arquimedes (Lei do Empuxo) e as condições de flutuação, apesar de explicarem alguns dos fenômenos visíveis do nosso dia-a-dia, constituem um tópico científico sofisticado e exigente para o Ensino Fundamental; por um lado a sua compreensão envolve a articulação de vários conceitos, nomeadamente a de densidade e das condições de equilíbrio de forças (gravitacional e empuxo); por outro, as ideias pré-existentes dos alunos, resultantes das suas experiências do dia-a-dia dificultam uma aprendizagem significativa desta temática (Yin *et al.*, 2008; Loverude, 2009).

A ideia clássica *que os objetos mais pesados afundam* não é a única que interfere com uma compreensão científica da flutuação. Uma revisão da literatura da área permite identificar as principais concepções alternativas dos alunos neste domínio, que listamos na tabela 1 (Yin *et al.*, 2008; Loverude *et al.*, 2003; Loverude, 2009).

Tabela 1 - Ideias mais comuns dos alunos

- Forma/ peso/ massa/ volume determinam se um objeto flutua.
 - Corpos de maior dimensão afundam-se, os de menor flutuam.
 - Quando um corpo que flutua é cortado em duas partes, a parte maior afunda e a menor flutua.
 - Corpos com ar no seu interior flutuam.
 - Corpos com buracos afundam.
 - Corpos planos flutuam.
 - As pontas afiadas fazem os corpos afundar.
 - Encher recipientes com corpos que flutuam (cortiça, espuma, esferovite,...) promove a flutuação do recipiente.
 - Corpos que se encontrem a flutuar no seio de um líquido têm densidade inferior à do líquido.
 - Corpos com formas geométricas regulares flutuam, com forma geométrica irregular afundam.
- Corpos colocados na vertical do líquido afundam; na horizontal flutuam.
- Líquidos pegajosos fazem os corpos flutuar.
- O volume de líquido num recipiente influencia se um objeto afunda ou flutua. Geralmente, o volume imerso do corpo diminui com o aumento do volume de líquido no recipiente.
- A força que a água exerce no corpo (empuxo) aumenta com a profundidade do corpo.

Segundo os investigadores, estas ideias erradas prevalecem após instrução e os alunos não ficam suficientemente esclarecidos para fazer previsões sobre a flutuação dos corpos em contextos variados. Torna-se claro que, após instrução, os alunos têm dificuldade em identificar os fatores que condicionam se um objeto flutua ou afunda.

Esta resistência das ideias prévias, resultantes muitas vezes da sua experiência cotidiana, é comum a outros tópicos de Física (Viennot, 2002) e é vasta a literatura que, desde os anos 80, se tem debruçado sob este fenómeno (Mcdermott & Shaffer, 2001). Para muitos investigadores, uma das principais razões que explica a resiliência destas concepções e a resistência à mudança conceitual encontra-se na tradicional abordagem didática dos diversos tópicos de Física com recurso quase exclusivo a fórmulas matemáticas (Hechter, 2010; Mazur, 1997; Sena dos Anjos; Moreira & Sahelices, 2017). São vários os estudos que revelam que a ênfase no desenvolvimento de competências de manipulação de fórmulas (Redish, 2005; Sherin, 2001; Pietrocola, 2002) não assegura o desenvolvimento conceitual necessário para uma abordagem científica e consistente em múltiplos contextos.

Estes estudos mostram, igualmente, que as sequências didáticas tradicionais não preveem nem abordam os principais problemas dos alunos neste tema (Viennot, 2002). No que diz respeito ao tópico Lei de Arquimedes e Condições de Flutuação, os estudos mostram que:

1. As condições de flutuação (e o empuxo) só podem ser compreendidas se o aluno tiver uma ideia clara e correta do conceito de densidade como um quociente massa/volume (característico de cada substância) (Loverude, 2009). Muitos professores assumem (erradamente) que os alunos ao saberem resolver matematicamente exercícios sobre densidade compreendem este conceito.
2. Existe alguma confusão entre os conceitos de volume imerso *vs* volume do corpo *vs* volume de líquido deslocado, pelo que estes conceitos devem ficar previamente esclarecidos antes da aprendizagem da Lei do empuxo e das condições de flutuação.
3. A maioria dos manuais explicam a Lei de Arquimedes e as condições de flutuação através de explicações incompletas, demasiado simplistas, sem quase nunca enquadrar o empuxo na Segunda Lei de Newton (Yin *et al.*, 2008).
4. No ensino tradicional são poucos os exercícios/demonstrações que referem a Terceira Lei de Newton (força que o corpo exerce no líquido como reação do empuxo), apesar da significativa diversidade de exercícios (Montanheiro, 2004; Kincanon, 1995), pelo que os alunos têm dificuldade em identificar que a intensidade da força que o líquido exerce sobre o corpo é igual à que o corpo exerce sobre o líquido.
5. A Física é uma ciência experimental, pelo que a experimentação na abordagem deste tópico tem um papel crucial na compreensão e consolidação de conhecimentos (Séré *et al.*, 2004).

Nas últimas décadas, a pesquisa na área de ensino tem analisado e discutido metodologias ativas que promovam um ambiente de aprendizagem onde o aluno é estimulado a responsabilizar-se pela construção do seu próprio conhecimento, assumindo uma postura ativa, de autorregulação e autonomia no seu processo de aprender (Mota & Rosa; November, 2012). Estas metodologias apostam, quase sempre, na aprendizagem em ambiente colaborativo (Araujo & Mazur, 2013; Michaelson *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2016), do tipo investigativo (Carvalho & Sasseron, 2015) e com avaliação (formativa) permanente (Michaelson *et al.*, 2008).

Ensinar Física, através destas metodologias, propõe a entrada dos alunos em uma nova cultura, através de um processo de enculturação (Driver & Newton, 1997), compreendendo o uso de uma linguagem própria e de um conjunto de práticas que contribui para uma forma diferente de pensar sobre o Mundo.

Do considerável leque de metodologias elencadas ao modelo colaborativo destaca-se a Aprendizagem baseada em Times: Team-Based Learning (Araujo & Mazur, 2013; Michaelson *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2016). Esta metodologia realça a importância da aprendizagem ocorrer como resultado da interação entre pares, num ambiente onde a liberdade de pensar e discutir os pensamentos sobre o que se está aprendendo é privilegiada.

Para que este modelo contribua de forma significativa para a aprendizagem necessita de preencher alguns pressupostos (Michaelson *et al.*, 2008):

- Formação de grupos deve ser criteriosamente escolhida de forma a reunir no mesmo grupo estudantes com perfis diferentes;
- Feedback rápido das tarefas/momentos de avaliação realizado(s) pelos alunos;
- Auto e heteroavaliação por parte dos elementos do grupo. Esta avaliação deve ter em consideração o desempenho académico (conhecimento científico) de cada membro, o profissionalismo (envolvimento nas atividades/responsabilidade) e a ética (capacidade de ouvir os colegas/troca de conhecimento).

II. ESTAÇÕES LABORATORIAIS

Enquadrado na metodologia Team-Based learning, o modelo das estações laboratoriais (Mota *et al.*, 2013) é um modelo colaborativo de ensino, mais vocacionado para o ensino experimental.

A sala de aula é geralmente dividida em estações diversificadas e independentes, mas com o mesmo tempo de duração (Mota & Lopes dos Santos, 2012; Mota *et al.*, 2013). Os alunos, organizados em grupos, circulam de estação em estação, realizando experiências e cumprindo tarefas apresentadas numa ficha laboratorial. Os materiais são geralmente de baixo custo e o professor tem um papel de supervisor, ouvindo as discussões dos alunos, esclarecendo dúvidas e avaliando prontamente, se necessário.

As tarefas são variadas no sentido de desenvolverem diferentes tipos de competências, apesar de dizerem respeito ao mesmo conteúdo (Mota & Lopes dos Santos, 2013; Mota & Lopes dos Santos, 2018). Pretende-se que os alunos participem ativamente nas discussões e que se envolvam criticamente na análise de problemas através da exploração das variáveis relevantes na situação investigada. Por exemplo, numa estação podemos ter um computador para a exploração de uma simulação; em outra estação uma montagem experimental onde os alunos têm que medir intervalos de tempo com uma célula fotoelétrica para calcular o valor da força de atrito num determinado percurso.

As tarefas têm diferentes graus de abertura e algumas das respostas solicitadas podem ser escritas ou incluir a realização de simulações e/ou produção de elementos para apresentar oralmente ao professor, que deverá avaliar, imediatamente, o desempenho do(s) aluno(s) e/ou do grupo. As respostas dadas, algumas em tempo real, informam o professor dos raciocínios envolvidos e dos conceitos apreendidos.

Pelo seu caráter versátil e dinâmico, este modelo é flexível ao ano de escolaridade e à disciplina científica pretendida. Cada atividade/tarefa é planejada de forma a contribuir para o processo de enculturação (Driver & Newton, 1997), criando um espaço onde os alunos pratiquem e falem Ciência, porque “aprender Ciências é aprender a falar Ciências” (Carvalho & Sasseron, 2015).

Neste modelo, os alunos são responsabilizados pela sua aprendizagem e pela aprendizagem dos membros dos seus grupos, uma vez que a classificação na ficha laboratorial é a mesma para todos os elementos do grupo. Por esse motivo, a auto e heteroavaliação do grupo deverá ser um dos fatores a incluir. As tarefas propostas a cada grupo devem promover a aprendizagem de um determinado tópico, mas também promover o trabalho em equipe, com profissionalismo e ética.

Este modelo apresenta várias vantagens. Para além de promover o trabalho colaborativo, cuja importância está bem fundamentada em estudos internacionais (Mazur, 1997; Michaelson *et al.*, 2008), este modelo colaborativo aumenta a motivação dos alunos, por estarem mentalmente ativos e a trabalhar com materiais familiares, do seu quotidiano. A versatilidade do espaço físico é uma outra vantagem; qualquer sala de aula pode ser um laboratório, existindo uma racionalização do material e a rentabilização do tempo de aula. Uma outra característica deste modelo é a avaliação formativa sistemática e um feedback rápido por parte do professor, elementos essenciais a uma aprendizagem significativa.

III. MÓDULO DIDÁTICO

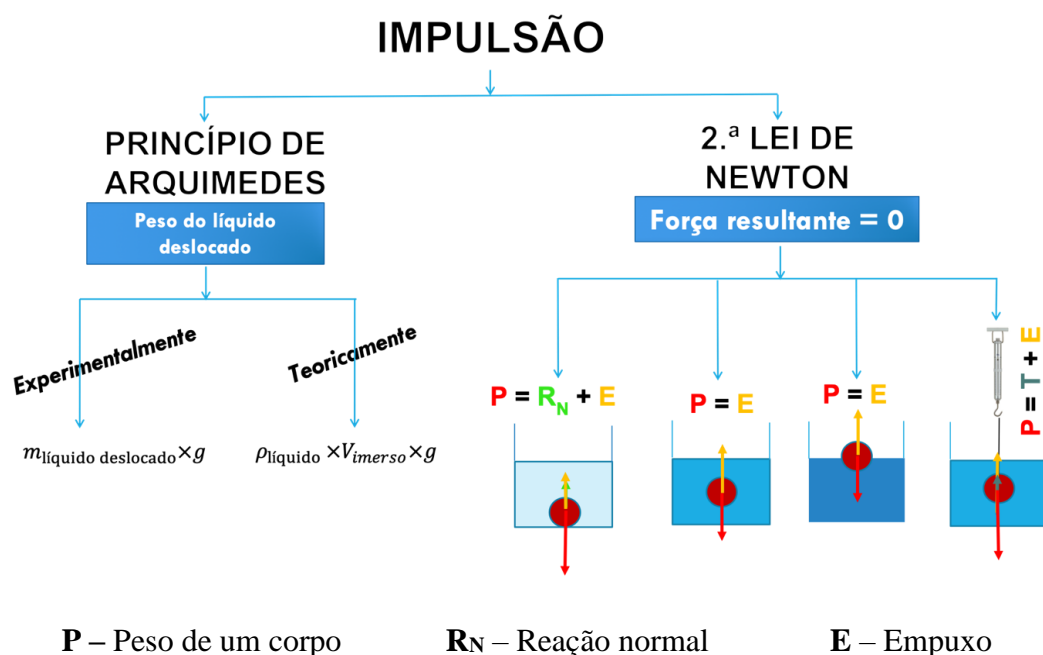
Foi desenvolvido um módulo sobre a Lei de Arquimedes e condições de flutuação para o Ensino Fundamental (9.º ano escolaridade). O módulo foi desenhado para 3 aulas teóricas de 90 minutos, intercaladas com duas aulas laboratoriais (cada uma de 45 minutos), segundo o modelo das estações laboratoriais (Mota *et al.*, 2013). A sequência proposta, baseada em literatura já discutida, contempla as seguintes metas:

1. Clarificação dos conceitos de massa, volume e densidade;
2. Constatação, com base nas Leis de Newton, que existe uma força vertical sobre um corpo, dirigida para cima, quando este se encontra num fluido (empuxo), de valor igual ao peso do volume de fluido deslocado (Lei de Arquimedes);
3. Dedução da expressão matemática do empuxo a partir da Lei de Arquimedes;
4. Determinação experimental do empuxo, recorrendo a diferentes contextos/situações;
5. Análise da intensidade da força gravitacional e do empuxo em situações de equilíbrio estático (Segunda Lei de Newton);
6. Previsão da variação do volume imerso (e/ou a fração de volume imerso) e do empuxo com a variação da densidade do líquido/objeto.
7. Dedução e conclusão das condições de flutuação de um objeto no líquido.

Durante a construção do módulo, desenvolveram-se diferentes tipos de atividades nas estações laboratoriais e nas aulas teóricas no sentido de promover uma apropriação de conceitos, não necessariamente mediada por uma formulação matemática quantitativa. Para além disso, antes da introdução da Lei de Arquimedes, as aulas contemplaram a exploração dos conceitos de densidade e de volume imerso *vs* volume do corpo *vs* volume do líquido deslocado, com exemplos diversificados.

Por outro lado, deu-se ênfase às condições de equilíbrio baseada na Segunda Lei de Newton autonomizando a sua aplicação sem necessidade prévia de cálculo do empuxo pelo Princípio de Arquimedes, de acordo com a Fig 1.

Fig. 1 – Esquema-resumo do Princípio de Arquimedes e Segunda Lei de Newton



Para avaliar a eficácia do módulo, foi desenhado um questionário construído com base em

vários estudos já realizados (YIN *et al.*, 2008; Loverude *et al.*, 2003). Este questionário, com 24 questões, foi administrado antes e após o desenvolvimento do módulo, constituindo-se como pré e pós-teste. O questionário encontra-se no Anexo 2.

Questionário (Pré/Pós-teste)

O objetivo principal dos pré-testes era identificar e/ou confirmar concepções alternativas (CA's) dos alunos, antes do módulo ser ministrado. Posteriormente, por comparação com os pós-testes, pretendia-se calcular os ganhos normalizados. O questionário foi validado por três professores do Ensino Fundamental e um professor universitário. A estrutura do questionário encontra-se na tabela 2.

Tabela 2: Estrutura do questionário

CONTEÚDOS	QUESTÃO
Densidade (distinção entre massa, volume e densidade)	1; 5; 12; 13
Distinção entre volume imerso/Volume líquido deslocado/ volume do corpo	20
Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças)	15; 21; 22
Condições de flutuação e relação entre densidades	2; 3; 4; 6; 7, 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 17; 18;19
Compreensão de como varia a fração de volume imerso e/ou o volume imerso com o corpo (massa, volume ou densidade) e a densidade do líquido.	23; 24

O questionário é constituído por 24 questões e tem cotação máxima de 24 pontos (Anexo 2).

Estações Laboratoriais desenvolvidas

Este módulo inclui duas aulas laboratoriais; a primeira mais dedicada ao conceito de densidade e Lei de empuxo, a segunda mais dedicada às condições de flutuação. A tabela 2 mostra os conteúdos específicos abordados em cada uma delas. As fichas das duas aulas laboratoriais encontram-se no Anexo 3.

Tabela 2: Estações experimentais e respetivos conteúdos

AULA 1	
Estação 1	Densidade (distinção entre massa, volume e densidade); Relação entre o volume do objeto, volume deslocado de fluido e volume imerso;
Estação 2	Aplicação da expressão analítica do empuxo Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças). Determinação do empuxo via experimental;
Estação 3	Nas seguintes situações: (a) Corpo flutua em água (b) Corpo afunda em água: comparar... Volume de água deslocada/Volume do objeto Peso do líquido deslocado/Peso do objeto Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças).
Estação 4	Sensibilidade/alcance de um instrumento; Dispositivo experimental para calcular: Peso aparente; Peso real; empuxo; Variação do empuxo e do peso aparente com a densidade do líquido Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças).
AULA 2	
Estação 1	Distinção entre densidade e empuxo; Comparação da intensidade do empuxo através do volume do corpo imerso; Identificação das condições de flutuação; Comparação das densidades dos objetos, através das suas posições num mesmo líquido; Comparação das densidades dos líquidos, através das posições relativas de líquidos imiscíveis no

	mesmo recipiente; Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças).
Estação 2	Identificação das condições de flutuação.
Estação 3	Identificação das condições de flutuação – Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças).
Estação 4	Dois dispositivos experimentais para calcular o empuxo. Segunda Lei de Newton (cálculo do empuxo com base no equilíbrio de forças).

Cada aula consistiu em quatro estações de 10 minutos cada. Como ilustração deste método, apresentamos as estações das aulas 1 e 2 nas figuras 2 e 3, respectivamente.

Fig. 2 – Estações Laboratoriais da aula 1

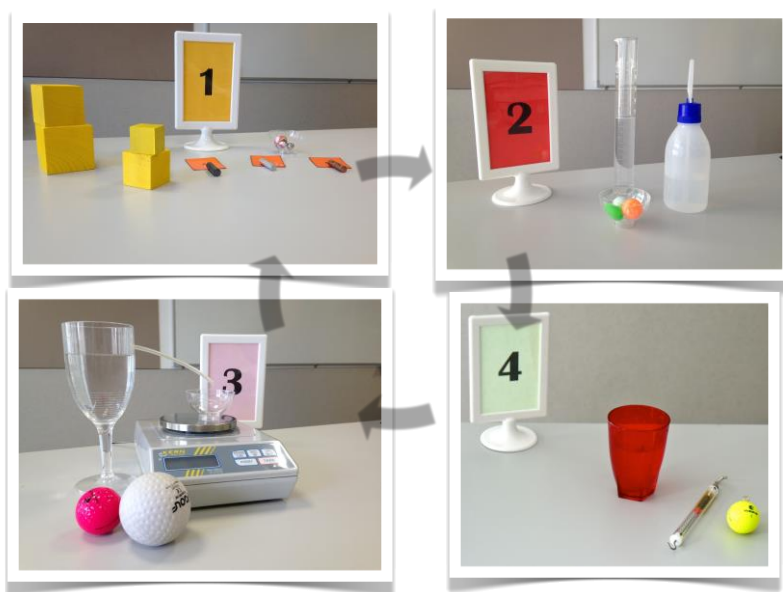
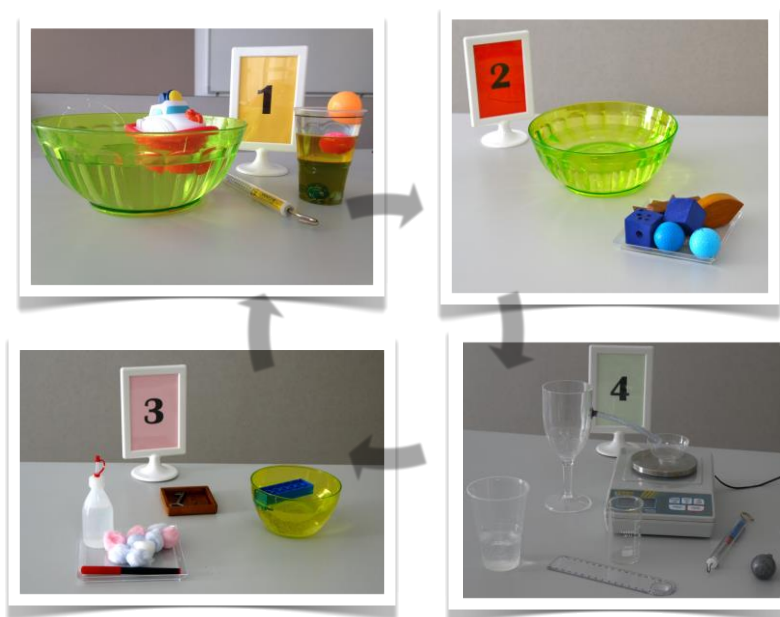


Fig. 3 – Estações Laboratoriais da aula 2



Nas figuras 4 e 5 encontram-se exemplos de tarefas solicitadas.

Fig. 4 – Estação 1, aula n.º 2

“Com o material disponível meça o valor do empuxo exercido no barco. Chame o professor antes de prosseguir!”

Avaliação do professor:

Procedimento: Correto Incompleto Errado | Assinatura_____

Os estudantes já estavam familiarizados com o uso do dinamômetro para medir o peso de um objeto. Ao verificarem que o barco flutua, a aplicação da segunda Lei de Newton deveria conduzi-los à conclusão que o empuxo era, em módulo, igual ao peso. O que se pretendia na estação 1, aula n.º 2 (Fig. 4), era ver se conseguiam fazer esta ligação e descobrir que podiam medir empuxo, pesando o barco, fora de água, no dinamômetro.

Na estação 2, aula n.º 2, (Fig.4) os alunos tinham disponível vários materiais: dois corpos com o mesmo volume, mas diferente massa¹; dois corpos com a mesma massa, mas diferente volume¹; vários corpos do mesmo material, mas com várias formas diferentes (nomeadamente alguns com formas pontiagudas); dois corpos feitos do mesmo material, mas um maciço e outro cheio de cavidades (Fig. 5). Nesta estação, os alunos tinham que pensar num conjunto de experiências para verificar os fatores que condicionam a flutuação de um corpo.

¹ Nestes casos, um dos corpos flutuava e outro ia ao fundo.

Fig. 5 – Estação 2, aula n.º 2. Quando a demonstração é incompleta ou errada, o professor discute com os alunos os erros cometidos por estes e a cotação a atribuir é zero (no caso de estar errada) ou metade da cotação (no caso de estar incompleta).

“Com o material disponível na sua bancada, realize experiências para dar resposta às questões apresentadas. No final, chame o professor e proceda às demonstrações.

Questão A: As cavidades/buracos de um objeto determinam se um objeto flutua?

Questão B: A posição em que um objeto é colocado no fluido determina se esta flutua?

Questão C: O volume de um objeto determina se um objeto flutua?

Questão D: A massa de um objeto determina se um objeto flutua?

Avaliação do professor:

Demonstração A:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Errada	Assinatura _____
Demonstração B:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Errada	Assinatura _____
Demonstração C:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Errada	Assinatura _____
Demonstração D:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Errada	Assinatura _____

Para promover uma aprendizagem significativa, as atividades experimentais foram desenhadas para criar ambientes propícios à surpresa e ao conflito cognitivo dos alunos. Era necessário nestas atividades que os alunos reconhecessem as limitações das suas próprias ideias e previsões, obrigando-os a repensar eventuais modelos conceituais errados. Para além de se constituírem como estratégias para combater as concepções alternativas, estas estações foram desenvolvidas, igualmente, no sentido de ajudar os alunos na construção e consolidação de um novo referencial teórico.

Para além dos materiais necessários para as aulas laboratoriais, os alunos receberam uma ficha de trabalho (Anexo 1), com exercícios construídos por grau de dificuldade e com base nas principais dificuldades identificadas em estudos anteriores.

IV. IMPLEMENTAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO

O módulo foi implementado em duas escolas Portuguesas e os professores que participaram neste projeto tiveram formação científica e pedagógica que decorreu em três etapas, num total de 17 horas presenciais. A tabela 3 esquematiza a oficina de formação.

Tabela 3: Organização da oficina de formação

Etapa 1 - Etapa presencial	Etapa 2 - Etapa não presencial	Etapa 3 - Etapa presencial
Duração: 13 horas	Duração: 17 horas	Duração: 4 horas
Formação científica e pedagógica	Implementação do módulo (3 aulas teóricas + 2 aulas laboratoriais)	Apresentação, análise e discussão dos resultados/conclusões.
Modelo das estações laboratoriais	Elaboração do relatório individual e da apresentação oral	
Preparação e discussão do módulo		

Dos 6 professores que frequentaram a oficina de formação, apenas três tiveram turmas do 9.º ano no ano letivo seguinte e destes, apenas dois aplicaram os pré e pós-testes que aqui iremos analisar. A oficina de formação decorreu em Junho de 2015 e a implementação do módulo decorreu no ano letivo seguinte 2015/2016.

Os professores envolvidos no estudo receberam sugestões de orientação das aulas teóricas, mas tiveram liberdade de organização das mesmas. Apenas foi exigido que as aulas laboratoriais fossem rigorosamente cumpridas. Durante a formação, os professores realizaram as estações como se fossem alunos, de forma a compreenderem a dinâmica exigida neste tipo de aulas e a vivenciarem as experiências/dificuldades de as percorrer.

No final da formação, cada professor recebeu um *Kit* com todo o material necessário para a realização das estações laboratoriais.

A tabela 4 mostra as turmas e o número de alunos envolvidos no estudo, um total de 87 alunos distribuídos por quatro turmas de duas escolas diferentes. Neste nível de ensino, os estudantes têm cerca de 14/15 anos de idade.

Tabela 4: Escolas participantes.

Turmas	Escola	N.º total de alunos
9.º A	Escola Básica 2,3 Damião de Odemira (A)	26
9.º B	Escola Secundária Joaquim Serra (B)	18
9.º C	Escola Secundária Joaquim Serra (C)	25
9.º D	Escola Secundária Joaquim Serra (D)	18
		87

Na análise questão-a-questão foi utilizada toda a amostra disponível, mas no cálculo de ganhos normalizados e inferência estatística, nomeadamente nas médias do pré e pós-teste, foram analisados apenas os casos em que tínhamos amostras emparelhadas.

V. RESULTADOS

Feedback dos professores envolvidos

Na etapa 3 da oficina de formação, os professores envolvidos no estudo revelaram que a implementação do módulo correu bem, mas foi necessária mais uma aula teórica para consolidar os conhecimentos. É de salientar que os professores que já tinham implementado o modelo das estações laboratoriais em aulas anteriores tiveram uma experiência mais positiva do que os professores que aplicaram o modelo apenas neste módulo. Os estudantes que já tinham experiência neste modelo conseguiram cumprir as estações no tempo predeterminado. Nas turmas onde o modelo foi implementado pela primeira vez, os alunos tiveram dificuldade em cumprir as tarefas no tempo previsto.

Os professores foram unânimes em considerar que a parte experimental foi essencial para a compreensão deste fenómeno, especialmente nas atividades em que os alunos, ao manipular os materiais, chegavam a conclusões diferentes das suas previsões. Durante a formação, os seis

professores referiram que, recorriam com frequência a demonstrações feitas pelos próprios, pelo que ficaram surpreendidos com a dinâmica e importância deste modelo. As discussões que ouviram por parte dos alunos foram bastante enriquecedoras porque se identificaram algumas dificuldades dos alunos, impossíveis de detectar em aulas teóricas. Por exemplo, referiram que na estação 2 da aula 2 (Figura 3):

Questão C: O volume de um objeto determina se um objeto flutua?

foi surpreendente presenciar a discussão dos alunos: “escolhemos dois materiais com a mesma massa, ou com o mesmo volume?” Recorde-se que nesta estação os alunos tinham disponíveis vários materiais, nomeadamente dois objetos com a mesma massa e dois objetos com o mesmo volume, sendo que em ambas situações, um dos objetos ia ao fundo e outro flutuava.

Análise de pré-testes

Nos pré-testes, o objetivo principal era identificar e confirmar as concepções alternativas (CA's) dos alunos, antes do módulo ser desenvolvido e, simultaneamente, calcular os ganhos normalizados para assim analisar o percurso “cognitivo” do aluno (Hake, 1998; Yin *et al.*, 2008; Loverude *et al.*, 2003; Loverude, 2009). No Anexo 2 encontra-se as percentagens de resposta de cada questão, acompanhadas de um comentário individual (a verde encontra-se a opção correta).

Em termos gerais, os resultados confirmam as CA's reportadas na literatura, especialmente no que diz respeito ao conceito incorretamente empregado, em aprendizagens anteriores, de densidade como o quociente entre massa e volume. Na questão Q1 (Fig. 6), 43,7% dos alunos considera que volumes iguais de substâncias diferentes têm a mesma densidade. A questão Q5 confirma estes resultados uma vez que apenas 10,3% dos alunos compreende que a densidade de uma mesma substância não diminui quando a sua massa diminui.

Fig. 6 – Questões 1 e 5, com as respetivas percentagens de resposta

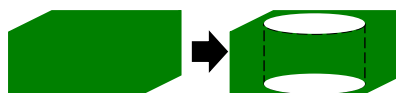
Q1: Considere os blocos homogêneos (não ocos) **A**, **B** e **C**. De acordo com a informação apresentada sobre as massas (m) e os volumes (V), selecione a opção que traduz corretamente a relação entre densidades, ρ .

- (A) 0,0 $\rho_A = \rho_B = \rho_C$
 (B) 20,7 $\rho_A = \rho_B < \rho_C$
 (C) 43,7 $\rho_A = \rho_B > \rho_C$
 (D) 13,8 $\rho_A < \rho_B = \rho_C$
 (E) 21,8 $\rho_A < \rho_B < \rho_C$



Blocos	Volume	Massa
A	V	$m/2$
B	V	m
C	$V/2$	m

Um bloco sólido (não oco) flutua em água. Suponha que faz um buraco em toda a sua extensão, retirando parte da sua massa.



Q5: Selecione a opção que completa corretamente a frase que se segue.

Após a abertura do orifício, a massa do bloco (furado) diminuiu e a densidade...

- (A) 48,3 ... diminuiu, porque o bloco ficou mais leve.
 (B) 26,4 ... aumentou, porque o volume diminuiu.
 (C) 10,3 manteve-se constante, porque o volume do bloco também diminuiu.
 (D) 14,9 ... diminuiu, porque o volume do bloco manteve-se constante.

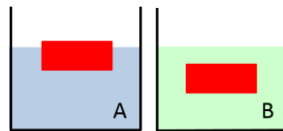
A concepção alternativa verificada maioritariamente foi a identificação da massa como o fator predominante de flutuação. Este resultado é-nos mostrado pelas questões Q2, Q12 e Q19. Os alunos consideram, igualmente, que a forma de colocar o objeto em água e a forma do objeto condicionam o volume imerso, como podemos observar nas respostas às questões Q4 e Q6.

As questões que envolvem a 2.^a Lei de Newton e a variação da fração de volume imerso e/ou o volume imerso com o corpo e com a densidade do líquido não apresentaram padrões de resposta a registar. Muito provavelmente, esta aleatoriedade de respostas deve-se à necessidade de uma compreensão mais sofisticada, apenas possível após uma abordagem formal deste tópico.

A resposta à questão Q15 (Fig. 7), a par da questão Q22, sugere uma tendência de os alunos assumirem que quanto maior for o volume imerso, maior será a força que o líquido exerce no corpo (independentemente da natureza do líquido no recipiente).

Fig. 7 – Questão 15, com as respetivas percentagens de resposta

A figura seguinte mostra **o mesmo corpo**, em equilíbrio, mergulhado em 2 líquidos diferentes, o líquido A e o líquido B. Em cada uma das questões, seleccione a opção correta.



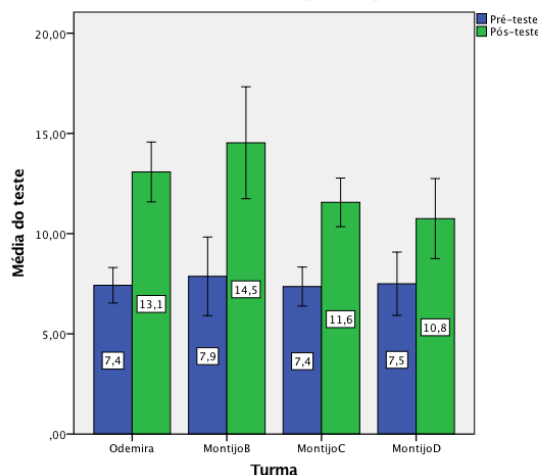
Q15: Designando por F a intensidade da força que o líquido exerce no corpo em cada uma das situações, é possível afirmar que:

- (A) 51,7 $F_A < F_B$
 (B) 41,4 $F_A > F_B$
 (C) 6,9 $F_A = F_B$

Análise dos pós-testes

As quatro turmas não apresentaram diferença estatisticamente significativa nos pré-teses, como podemos observar na Fig. 8. No pós-teste, a diferença também não foi estatisticamente significativa entre as turmas. Por outro lado, houve melhorias significativas do pré para o pós-teste nas quatro turmas.

Fig. 8 – Médias dos pré e pós-testes

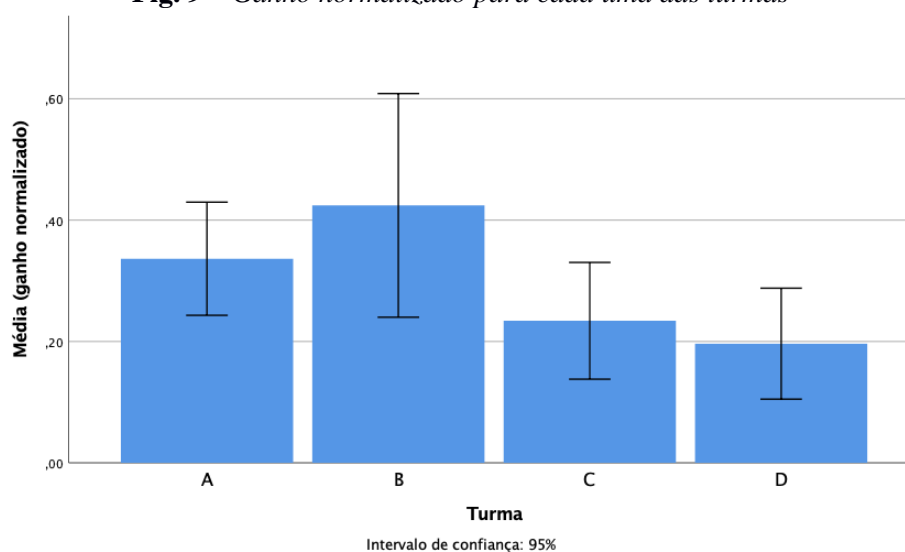


A média geral no pré-teste foi de 7,5/24 e no pós-teste 12,4/24. Recorrendo ao teste de Wilcoxon, verificou-se uma melhoria do pré para o pós-teste estatisticamente significativa para o conjunto das quatro turmas ($p\text{-value} = 0,004$).

É usual medir o ganho em conhecimento do aluno como resultado do ensino como $G = R2 - R1$, onde $R1$ (2) é a pontuação percentual média no teste pré (pós); o ganho médio normalizado é dado como $g = G / (100 - R1)$, uma vez que $100 - R1$ é o ganho máximo possível (Hake, 1998).

A Fig. 9 apresenta o ganho normalizado médio. As barras de erro, que representam o desvio padrão da média, estão apresentadas para intervalo de confiança de 95%. Como observamos, os ganhos não são muito elevados e não são estatisticamente diferentes entre as quatro turmas.

Fig. 9 – Ganho normalizado para cada uma das turmas



Foi também realizado um estudo no sentido de saber a percentagem de alunos que melhorou do pré para o pós-teste. A tabela 5 mostra os resultados. As questões mais exigentes, que necessitavam de maior grau de compreensão registaram ganhos inferiores. Das 24 questões, apenas 15 tiveram melhorias estatisticamente significativas (assinaladas com *). Por outro lado, à exceção das questões Q15, Q21 e Q23, a percentagem de alunos que melhorou do pré para o pós-teste é superior à percentagem que piorou.

Tabela 5: Percentagem de alunos, por questão, que melhorou do pré para o pós-teste

Questão	% de alunos	Questão	% de alunos	Questão	% de alunos	Questão	% de alunos
Q1*	29,3	Q7*	41,5	Q13*	18,3	Q19*	36,6
Q2*	39,0	Q8*	42,7	Q14	19,5	Q20	15,9
Q3	20,7	Q9*	48,8	Q15	2,4	Q21	4,9
Q4*	59,8	Q10*	53,7	Q16*	35,4	Q22	12,2
Q5*	36,6	Q11*	35,4	Q17*	47,6	Q23	13,4
Q6*	43,9	Q12	34,6	Q18*	32,9	Q24	24,4

* Teste de Wilcoxon ($p\text{-value} < 0.05$) de comparação do score médio de resposta no pós e pré teste. Este teste permite identificar com * as questões em que as médias tiveram aumento significativo.

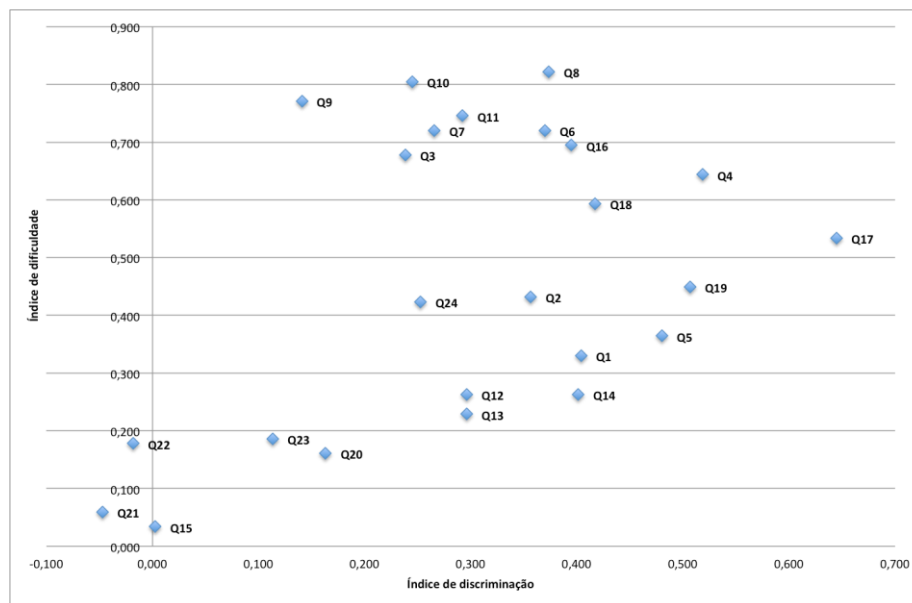
Para comparar score médio de respostas nos pós e pré-teste utilizou-se o teste de Wilcoxon (Maroco, 1997) uma vez que este teste permite comparar medidas repetidas de uma mesma amostra. Por não se poder assumir uma população normalmente distribuída, optou-se por este teste não paramétrico, em vez do teste t de Student. De acordo com este teste, a melhoria do pré para o pós-

teste foi significativa para 85,4% dos alunos (teste de Wilcoxon, p -value = 0,000).

A avaliação do desempenho dos estudantes depende da qualidade dos itens das provas, pelo que se procedeu a uma análise clássica do teste (Borgatto *et. al.*, 2012; Sarte *et al.*, 2013). As propriedades psicométricas dos itens de uma prova correspondem aos parâmetros índice de dificuldade e índice de discriminação. O índice de dificuldade analisa o grau de dificuldade de cada item por meio da percentagem de acerto: quanto maior for a percentagem de acerto maior será o índice de dificuldade. Desta forma, os itens com maior índice de dificuldade são os mais fáceis. Já o índice de discriminação mede a capacidade do item de diferenciar os participantes com melhor desempenho acadêmico (27% dos respondentes com pontuações mais altas) daqueles de menor desempenho (27% dos respondentes com pontuações mais baixas), correspondendo à diferença entre a proporção de acertos do primeiro grupo e a do segundo grupo. O item é mais discriminativo quanto maior for o seu valor. O índice de discriminação pode assumir qualquer valor entre -1 e +1. Itens com índice de discriminação superior a 0,3 são habitualmente considerados discriminativos (Costa *et. al.*, 2009).

A figura 10 mostra o índice de discriminação e o índice de dificuldade das 24 questões (pós-teste) dos 118 alunos. Verifica-se que os itens estão distribuídos por diferentes graus de dificuldade e a maioria dos itens têm dificuldade média e boa discriminação. As questões Q15, Q21 e Q22 são itens a serem analisados e reformulados/corrigidos em estudos posteriores uma vez que têm índice de dificuldade e índice de discriminação baixos.

Fig. 10 – Índice de dificuldade e de discriminação



VI. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

As diferenças de resultados entre turmas nos pré-testes não foram estatisticamente significativas, o que nos permite concluir que se trata de grupos aproximadamente homogêneos. Para além disso, as respostas obtidas nos pré-testes evidenciam que não foram respondidas aleatoriamente, confirmando as concepções alternativas já identificadas em estudos anteriores.

Os resultados mostram melhorias significativas no que respeita ao desempenho acadêmico dos alunos, indicando que esta sequência didática contribui para uma aprendizagem significativa neste tópico. Contudo, essas melhorias evidenciam-se mais claramente em questões relacionadas com as condições de flutuação e relação entre densidades, ou seja, atividades que foram mais exploradas

nas estações laboratoriais, como podemos confirmar, por exemplo, nos resultados das questões Q2, Q4, Q6 e Q19. Por outro lado, os resultados das questões Q1 e Q5 mostram que o conceito de densidade se tornou mais claro no final do tópico. Estes indicadores sugerem que as estações laboratoriais contribuíram para uma aprendizagem significativa das condições de flutuação, ou seja, para a compreensão de que a forma e massa dos objetos não determinam se um corpo flutua.

Nos pós-testes, as turmas evidenciaram desempenhos diferentes, mas esta diferença não foi estatisticamente significativa. Desta forma, a variável professor não condicionou de forma significativa os resultados.

As questões Q15, Q20, Q21, Q22 e Q23 e Q24, mais relacionadas com a aplicação da Segunda Lei de Newton em equilíbrio estático, revelam elevado índice de dificuldade e baixo índice de discriminação, comprometendo a análise dos resultados. Note-se que um item com percentagem de respostas certas p não pode ter índice de discriminação superior a $p/0,27$, (valor apenas atingido se as respostas certas forem todas no grupo dos 27% com melhor resultado) e um valor inferior a 0,3 se $p < 8\%$. O índice de discriminação destas questões é significativamente inferior a este limite, o que indicia que as questões foram igualmente difíceis para todos os alunos.

A baixa qualidade psicométrica dos itens referidos anteriormente pode justificar-se pela elevada exigência dos itens (os alunos acertaram aleatoriamente nesta questão), pela pobre formulação da questão (promovendo má interpretação) ou por a questão estar a testar mais do que uma competência. De qualquer das formas, os resultados da questão Q15 tornam claro que os estudantes não consideram o equilíbrio de forças e a 2.^a Lei de Newton em contextos pouco treinados em sala de aula, isto é, mostram dificuldade em analisar as forças que atuam num corpo em repouso.

No sentido de melhorar este questionário, sugere-se a introdução de outras questões, mais relacionadas com o volume deslocado de água/volume imerso/volume do corpo, assim como um conjunto de questões que teste a identificação do empuxo como a força que o líquido exerce no corpo (sempre vertical e sentido positivo para cima). O Anexo 4 contém um conjunto de sugestões nesse sentido, assim como uma questão que introduz a Terceira Lei de Newton. Por último, para uma análise mais segura do índice de dificuldade e de discriminação, todas as questões deverão ser reformuladas para ter quatro opções de resposta.

VII. CONCLUSÕES

Os resultados, no geral, mostram melhorias significativas no que respeita ao desempenho dos alunos neste tema, o que nos permite concluir que esta sequência didática foi bem-sucedida.

Existe um forte consenso na literatura sobre a necessidade de conjugar a manipulação de fórmulas matemáticas com atividades/explicações que ajudem os alunos a construir um conhecimento operativo, conceitual e qualitativo. Este módulo, ao apresentar atividades diversificadas (já testadas) inseridas nesta linha de pensamento, poderá contribuir para o enriquecimento de materiais didáticos neste tópico.

Nos pré/pós - testes foram analisadas duas questões principais:

1. Conceito de densidade e fatores que condicionam a flutuação;
2. Aplicação da 2.^a Lei de Newton no cálculo do empuxo e na compreensão de como varia a fração de volume imerso e/ou o volume imerso com o corpo (massa, volume ou densidade) e a densidade do líquido;

O questionário mostra que o módulo foi importante na alteração das concepções alternativas dos alunos, mas pouco efetivo no que toca à aplicação da Segunda Lei de Newton em situações de equilíbrio estático. De acordo com a literatura, este estudo reforça a ideia que ensinar Física não se pode restringir a desafiar as ideias erradas dos alunos (CA's) e substituí-las por teorias cientificamente

corretas (Carvalho & Sasseron, 2015); é necessário que os alunos compreendam o sentido dessas teorias e exercitem o raciocínio com base nesses novos referenciais teóricos.

Os resultados sugerem que após a abordagem do conceito de densidade, o ensino deste tópico requer uma compreensão clara da relação entre forças (força gravitacional e empuxo): Segunda Lei de Newton, em situação de equilíbrio. As Leis de Newton devem, pois, ser parte integrante de qualquer sequência didática sobre esta temática, a par de todas as considerações referidas nos cinco pontos anteriores. Só assim os alunos conseguem compreender como é que o volume imerso de um objeto e o empuxo variam com o líquido e com a densidade do corpo. Sem esta abordagem, os alunos ficam impossibilitados de ter uma sólida compreensão do fenómeno e ficam incapazes de fazer previsões e análises nos mais diversificados contextos.

Em estudos futuros, para além de melhorar a sequência didática com atividades mais focadas na Segunda Lei de Newton, pretende-se reforçar a validação do questionário, para que possa constituir um instrumento importante neste tópico de Física, neste nível de ensino.

AGRADECIMENTOS

Este projeto teve a colaboração das professoras Paula Esperto (Escola Secundária Poeta Joaquim Serra - Montijo) e Helena Fórtio (Escola Básica Damião de Odemira). Os autores agradecem o apoio da Fundação da Ciência e Tecnologia, do programa COMPETE 2020 na componente FEDER (União Europeia), no projeto UID/FIS/04650/2013.

Um agradecimento especial à Professora Cleci Werner da Rosa, Professora de Física da Universidade de Passo Fundo, pela sua contribuição na revisão do artigo.

ANEXO 1 - Ficha de Trabalho

ANEXO 2 - Pré/Pós-teste (acompanhado da percentagem de resposta de cada questão no pré-teste)

ANEXO 3 - Fichas laboratoriais

ANEXO 4 - Questões a acrescentar no próximo questionário

Nota: Os anexos apresentados constituem os documentos originais disponibilizados aos professores, pelo que a palavra *empuxo* é substituída por *impulsão* dado ser o termo vulgarmente utilizado nas escolas portuguesas.

REFERÊNCIAS

- Araujo, I. S.; Mazur, E. (2013). Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-384.
- Borgatto, A. F.; Andrade, D. F. (2012). Análise Clássica de Testes com diferentes graus de dificuldade. *Estudos em Avaliação Educacional*, 23 (52), 146-156.
- Carvalho, A. M. P.; Sasseron, L. H. (2015). Ensino de Física por Investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as Sequências de Ensino Investigativas. *Ensino Em Re-Vista.*, 22(2), 249-266.
- Costa, P.; Oliveira, P.G.; Ferrão, M.E. (2009). Statistical Issues on Multiple Choice Tests in Engineering Assessment.
- Driver, R.; Newton, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Paper prepared for presentation at the ESERA Conference*, 2 – 6, September, Rome.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1),

64-74.

Hechter, R. P. (2010). What does 'I understand the equation' really mean? *Physics Education*, 45(2), 132-133.

Loverude, M. E. (2009). A research-based interactive lecture demonstration on sinking and floating. *American Journal of Physics*, 77(10), 897-901.

Loverude, M. E.; Kautz, C. H.; Heron, P. R. L. (2003). Helping students develop an understanding of Archimedes' principle. I. Research on student understanding. *American Journal of Physics*, 71(11), 1178-1187.

Marouco, J. (1997). *Análise Estatística com utilização do SPSS*. Edições Sílabo.

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: a user's manual*. Prentice Hall, Inc.

Mcdermott, L. C. & SHAFFER, Peter S. J. (2001). *Tutorials in Introductory Physics*. Pearson.

Michaelson, Larry K.; Sweet, Michael; Parmelee, Dean X. (2008). *Team-Based Learning: small group learning's next big step*. Wiley Periodicals, New York.

Montanheiro, M. N. S. (2004). Determinação da densidade de sólidos e líquidos pelo princípio de Arquimedes. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21, 120-123.

Mota, A. R.; Lopes dos Santos, J. (2012). Eratosthenes' measurement of the Earth's radius in a middle school lab session. *Latin-American Journal of Physics Education*, Washington, 6, Suppl. I, p. 139-144, 2012.

Mota, A. R.; Lopes, J. M.; Lopes dos Santos, J. (2013). Estações laboratoriais: uma aposta no ensino experimental. *Gazeta da Física*, Lisboa, 36(1), 25-28, 2013a.

Mota, A. R.; Lopes dos Santos, J. (2013). Reflecting understanding: Using lab stations to teach image formation. *Science Scope*, 37(2), 20-29.

Mota, A. R.; Lopes dos Santos, J. (2018). Investigating Students' conceptual change about colour in an innovative research-based teaching sequence. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23 (1) 95-110,

Mota, A. R., Rosa, C. T. W. (2018). Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. *Revista Espaço Pedagógico*, 25 (2), 1-16.

November, A. (2012). *Who owns the learning? Preparing students for success in the digital age*. New York: Solution Tree.

Oliveira, T. E.; Araujo, I. S.; Veit, E. A. (2016). Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 62-986.

Pietrocola, M. (2002). A Matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 93-114.

Kincanon, E. (1995). Explanation of a buoyancy demonstration. *The Physics Teacher*, 33(1), 31-31.

Redish, E. F. (2005). *Problem Solving and the use of Math in Physics Courses*. World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change, Delhi, 1-10.

Sartes, L. M. A.; Souza-Formingoni, M. L. O. (2013). Avanços na psicometria: da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(2), 241-250.

Sherin, B. L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*. Lawrence Erlbaum Associates Inc. 19(4), 479-541.

Sena dos Anjos, A. J.; Moreira, M. A.; Sahelices, M. C. C. (2017). A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em Física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(3), 673-696.

Séré, M.; Coelho, S. M.; Nunes, A. D. (2004). O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(1), 31-43.

Viennot, L. (2002). *Teaching Physics*. Kluwer Academic Publishers.

Yin, Y.; Tomita, M. K.; Shavelson, R. J. (2008). Diagnosing and Dealing with Student Misconceptions: Floating and Sinking. *Science Scope*, 31(8), 34-39.

Sartes, L. M. A.; Souza-Formingoni, M. L. O. (2013). Avanços na psicometria: da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(2), 241-250.

ANEXO 1

FICHA DE TRABALHO

$$\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g cm}^{-3}$$

$$g_{\text{Terra}} = 10,0 \text{ m/s}^2$$

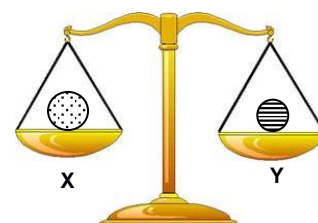
$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \rho r^3$$

1. A densidade do ouro, a uma dada temperatura, é de $19,3 \text{ g cm}^{-3}$.
- 1.1 A tabela seguinte apresenta a massa/volume de diferentes peças, constituídas exclusivamente por ouro. Complete-a.
- 1.2 Indique a densidade do ouro em unidades SI.

Massa	Volume
520,0 g	? cm^3
? g	64,0 cm^3
4,0 kg	? m^3
? g	32,0 dm^3

2. A densidade do cobre, a uma dada temperatura, é de 8920 kg m^{-3} .
- 2.1 Calcule o volume, em cm^3 , de uma esfera de cobre de massa 300 g.
- 2.2 Considere uma barra constituída exclusivamente por cobre. Se a dividir em duas partes iguais, qual a densidade de cada barra?

3. Observe atentamente a figura apresentada. Selecione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a), (b) e (c), respetivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte. “A massa das duas esferas é _(a)_. A esfera _(b)_ tem menor densidade do que a esfera _(c)_.”



- (A) ... igual... X... Y...
- (B) ... igual... Y... X...
- (C) ... diferente... X... Y...
- (D) ... diferente... Y... X...

4. Um grupo de alunos pretendia identificar a substância constituinte de um cubo maciço e homogéneo. Os alunos fizeram três medições da massa do cubo e três medições do comprimento da aresta do cubo. Os resultados encontram-se na tabela seguinte.

m / g	ℓ / cm
5,00	1,21
5,02	1,18
5,01	1,22

- 4.1 Indique os valores mais prováveis para a massa e para o comprimento.
- 4.2 Tendo em consideração a tabela apresentada e os resultados experimentais obtidos pelos alunos, indique a substância constituinte do cubo. Apresente todas as etapas de resolução.

Substância	Densidade a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (g cm^{-3})
magnésio	1,74
alumínio	2,70
ferro	7,87
cobre	8,92
chumbo	11,34

4.3 Selecione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte. “Os alunos fizeram uma medição __(a)__ da massa do cubo e uma medição __(b)__ do seu volume.”

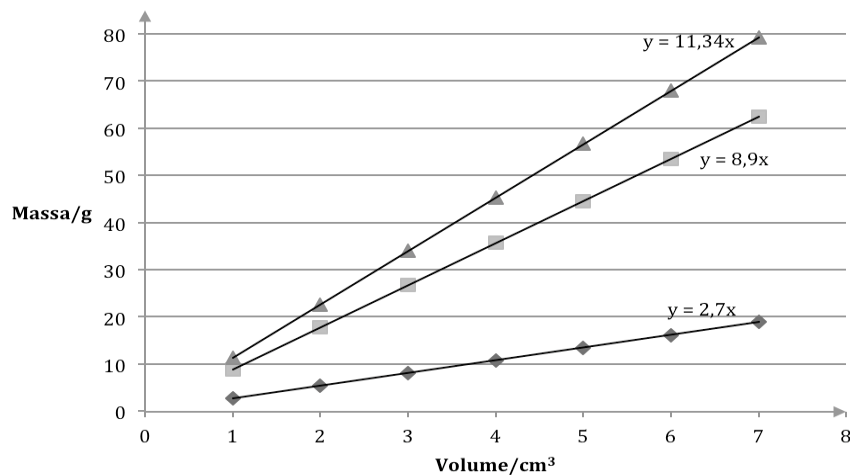
- (A) ... direta... direta... (B) ... direta... indireta... (C) ... indireta... direta... (D) ... indireta... indireta...

4.4 Selecione a opção que completamente corretamente a frase seguinte.

O chumbo tem maior densidade do que o cobre, pelo que...

- (A) ... iguais volumes de chumbo e cobre têm iguais massas.
 (B) ... a massa de um certo volume de chumbo é menor do que a massa de igual volume de cobre.
 (C) ... a massa de um certo volume de chumbo é maior do que a massa de igual volume de cobre.
 (D) ... o volume de uma certa massa de chumbo é maior do que o volume de igual massa de cobre.

5. Um grupo de alunos tem na bancada várias esferas homogêneas, de diferentes tamanhos e constituídas por diferentes substâncias. Para descobrir quantas substâncias diferentes existem na bancada, os alunos registaram a massa de cada uma das esferas e o respetivo volume. Com esses valores construíram um gráfico onde representaram a massa de cada uma das esferas em função do respetivo volume.



5.1 Qual é o significado físico de cada um dos declives do gráfico anterior?

5.2 Quantas esferas estavam presentes na bancada?

5.3 Quantas substâncias diferentes estavam presentes na bancada?

5.4 Indique a densidade de cada uma das substâncias.

5.5 Considerando que uma das esferas tinha de massa 200 g e era constituída pela substância de maior densidade, calcule o seu volume.

6. Uma bola de 25 cm³ de volume está a flutuar em água, com metade do seu volume.

6.1 Represente todas as forças que atuam na bola, indicando o valor da resultante das forças.

6.2 Calcule o valor da força que a água exerce na bola.

6.3 Indique, justificando, o valor da força que a bola exerce na água.

6.4 Calcule a massa da bola.

7. Um cubo de madeira de aresta 0,5 dm, encontra-se com um terço do seu volume imerso num líquido de densidade igual a 986 kg/m³. Calcule o valor da força que o objeto exerce no líquido.

8. Selecione a opção que completamente corretamente a frase seguinte.

Um sabonete quando colocado num lavatório com água vai ao fundo. A intensidade da impulsão no sabonete é...

- (A) Zero. (B) Menor do que a do seu peso. (C) Igual à do peso. (D) Maior do que a do seu peso.

9. Uma bola de massa 60,0 g e raio 0,5 cm, encontra-se totalmente imersa num líquido de densidade igual a 1500 kg/m³, tal como mostra a figura.

9.1 Calcule o volume da bola.

9.2 Represente todas as forças que atuam na bola, indicando o valor da resultante das forças.

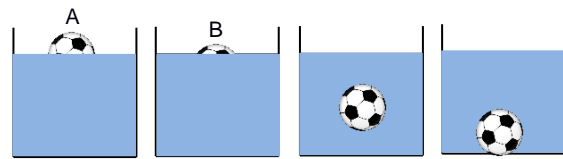
9.3 Calcule o valor da força que a água exerce na bola.

9.4 Calcule o valor da força que a superfície do recipiente exerce na bola.



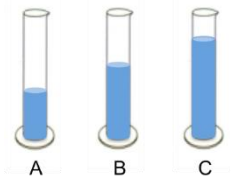
10. Considere um berlinde a cair num copo com óleo. Qual das seguintes opções melhor representa o valor da impulsão durante a descida?

- (A) $I_A < I_B < I_C < I_D$
 (B) $I_A > I_B > I_C > I_D$
 (C) $I_A < I_B = I_C = I_D$
 (D) $I_A < I_B < I_C = I_D$

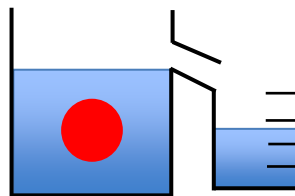


11. Considere três esferas constituídas por materiais diferentes. Mergulhou-se completamente cada esfera numa proveta, com 50 mL de água. O volume de água que subiu em cada um dos casos encontra-se ilustrado na figura seguinte.

- 11.1 Indique, justificando, em qual das situações (A, B ou C) é maior o valor da impulsão.
 11.2 As esferas podem ter igual volume? Justifique.



12. Considere um objeto colocado num recipiente cheio de água até ao nível da abertura e que fica a flutuar, tal como mostra a figura. Após a entrada do objeto, a água deslocada foi recolhida num recipiente ao lado, para ser colocada em cima de uma balança. A massa de água deslocada, registada na balança, foi de 20 g.



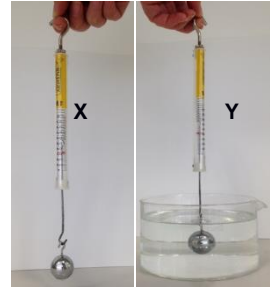
- 12.1 Calcule a intensidade da força exercida pela água na esfera, quando esta se encontra a flutuar na água. Apresente os cálculos efetuados.
 12.2 Determine a densidade da esfera. O resultado obtido está de acordo com as previsões?
 12.3 Classifique cada uma das seguintes opções em verdadeiro (V) ou falso (F). Justifique as falsas.
 (A) A impulsão exercida no objeto é maior do que a força gravítica que a Terra exerce no objeto.
 (B) O peso do líquido deslocado é maior do que o peso do objecto.
 (C) O volume do líquido deslocado é igual ao volume do objeto.
 12.4 Repita o exercício 12.3, atendendo às seguintes situações:

- i) objeto que flutua à superfície do líquido.
 ii) objeto que se encontra no fundo do recipiente.

13. Numa atividade experimental, um grupo de alunos suspendeu a esfera X num dinamómetro e mergulhou-a completamente em água. A massa da esfera X é de 500,0 g. O valor lido no dinamómetro é de 3,5 N.

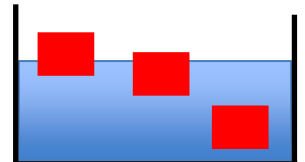
- 13.1** Calcule o valor da impulsão através do valor obtido pelo dinamómetro. Apresente todas as etapas de resolução.
- 13.2** Calcule a massa de água deslocada, quando a esfera foi completamente mergulhada no fluido.
- 13.3** Calcule a densidade da esfera X. Apresente todas as etapas de resolução.
- 13.4** Os alunos repetiram a experiência com outra esfera (esfera Y), de igual volume, mas o dinamómetro passou a registar 5,5 N. Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (V) ou falsas (F), corrigindo as falsas.
- (A) Os corpos Y e X são feitos da mesma substância.
- (B) A impulsão exercida sobre o corpo X é igual à impulsão exercida sobre o corpo Y.
- (C) A força gravítica que atua no corpo Y é menor do que a força gravítica que atua no corpo X.

- 14.** Observe a figura que representa duas medições (X e Y) efetuadas com o dinamómetro. O corpo que se encontra em suspensão é o mesmo, mas na situação Y encontra-se mergulhado num líquido.
- 14.1** Sabendo que um dos dinamómetros marca 3,5 N e o outro 4,0 N, faça corresponder as letras X e Y a cada um destes valores.
- 14.2** Indique o valor do peso do corpo.
- 14.3** Que designação se dá ao valor do lido pelo dinamómetro nesta situação?
- 14.4** Calcule a impulsão. Apresente todas as etapas de resolução.



- 15.** Considere um objeto, de volume 15 cm^3 , suspenso pelo dinamómetro e mergulhado completamente em água, sem tocar nas paredes do recipiente.
- 15.1** Calcule o valor da impulsão a que o corpo está sujeito. Apresente todas as etapas de resolução.
- 15.2** Indique o valor da massa de água deslocada pelo objeto.
- 15.3** Calcule o valor indicado no dinamómetro na situação em que o objeto está mergulhado em água, sabendo que, quando não está mergulhado no líquido, o dinamómetro marca 3,5 N. Apresente todas as etapas de resolução.
- 16.** Considere uma bola suspensa por um dinamómetro que, lentamente, vai sendo mergulhada na água contida num copo. À medida que a bola vai sendo mergulhada na água, até ficar completamente imersa, o que acontece ao valor lido no dinamómetro?

- 17.** Considere três corpos A, B e C, com o mesmo volume V , mas feitos de materiais diferentes. Os corpos encontram-se em equilíbrio num recipiente com água, tal como se mostra na figura seguinte.



- 17.1** Compare a densidade e a impulsão de cada um dos objetos.
- 17.2** Do recipiente anterior foi retirado metade do volume do fluido. O que acontece ao volume imerso do corpo A?

(A) Aumenta. (B) Diminui. (C) Mantém-se.

- 17.3** O corpo A foi dividido em duas partes de volumes diferentes. Compare a fração de volume imerso de cada uma das partes com a fração de volume imerso inicial.

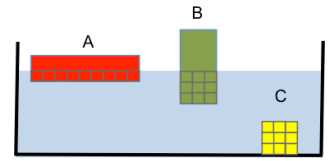
- 17.4** Selecione a alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta.

Se fosse introduzido no fluido um outro corpo, feito da mesma substância que B, mas com o triplo do volume, a impulsão _____ e o volume imerso _____.

- (A) aumentava ... diminuí.
- (B) aumentava ... aumentava.
- (C) mantinha-se constante ... aumentava.

(D) mantinha-se constante ... mantinha-se constante.

18. Um grupo de alunos largou três blocos, com a mesma profundidade, dentro de um recipiente com água. As posições de equilíbrio estão indicadas na figura.



18.1 Compare a densidade do corpo C com a densidade do corpo A.

18.2 Poder-se-á afirmar, relativamente à impulsão dos três blocos, que... (Selecione a opção correta)

- (A) $I_A = I_B < I_C$ (B) $I_A = I_B > I_C$ (C) $I_A = I_B = I_C$ (D) $I_A < I_B < I_C$

18.3 Poder-se-á afirmar, relativamente à massa dos blocos A e B, que... (Selecione a opção correta)

- (A) $m_A = m_B$ (B) $m_A < m_B$ (C) $m_A > m_B$

19. Um cubo de madeira, de aresta 0,5 dm, encontra-se a flutuar com um terço do seu volume imerso num líquido de densidade igual a 986 kg/m^3 (situação A). O mesmo cubo é agora mergulhado num outro líquido, aumentando o seu volume imerso (situação B). Compare, justificando, a densidade dos dois líquidos.

ANEXO 2

Q1: Considere os blocos homogêneos (não ocos) **A**, **B** e **C**. De acordo com a informação apresentada sobre as massas (m) e os volumes (V), selecione a opção que traduz corretamente a relação entre densidades (ρ).

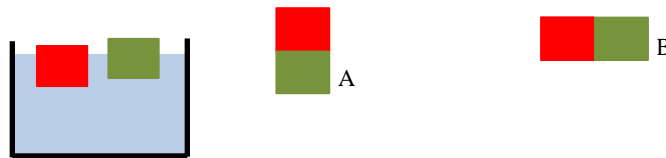
- (A) 0,0 $\rho_A = \rho_B = \rho_C$
- (B) 20,7 $\rho_A = \rho_B < \rho_C$
- (C) 43,7 $\rho_A = \rho_B > \rho_C$
- (D) 13,8 $\rho_A < \rho_B = \rho_C$
- (E) 21,8 $\rho_A < \rho_B < \rho_C$



Blocos	Volume	Massa
A	V	$\frac{m}{2}$
B	V	m
C	$\frac{V}{2}$	m

Observações: É evidente a confusão dos alunos com o conceito de densidade. Para os alunos, objetos de igual volume/massa irão ter igual densidade.

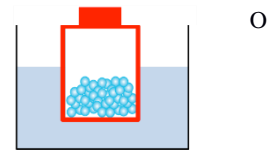
Q2: Dois blocos são colocados num recipiente com água e ambos flutuam, tal como mostra a figura. Selecione a opção que corresponde à nova posição dos blocos, se os colar de duas formas distintas (Situação **A** e Situação **B**), de modo a formar um único bloco.



- (A) 17,2 Em ambas as situações, o novo bloco vai continuar a flutuar.
- (B) 3,4 Em ambas as situações, o novo bloco vai ao fundo.
- (C) 21,8 O novo bloco na situação **A** vai ao fundo mas na situação **B** vai flutuar.
- (D) 6,9 O novo bloco na situação **A** vai flutuar mas na situação **B** vai ao fundo.
- (E) 50,6 Independentemente da situação (**A** ou **B**), o novo bloco pode flutuar ou ir ao fundo, dependendo da massa inicial de cada um dos blocos.

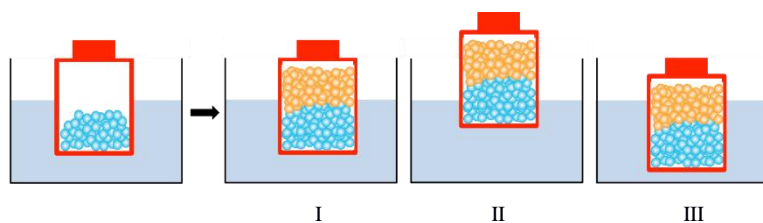
Observações: Verifica-se a CA de que a flutuação de um corpo só depende da massa. A opção C também se refere a uma CA. O mesmo corpo, na vertical, vai ao fundo, mas na horizontal flutua!

Q3: Num frasco fechado colocaram-se bolas de espuma no seu interior a ocupar metade da sua capacidade. conjunto, frasco com bolas de espuma lá dentro, flutua quando é colocado em água, tal como mostra a figura.



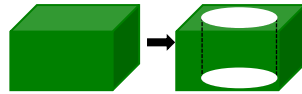
Foram adicionadas novas bolas de espuma, feitas do mesmo material mas de cor diferente, na outra metade vazia do frasco. Selecione a opção que pode representar a nova posição do frasco em água.

- (A) 26,4 I
- (B) 12,6 II
- (C) 60,9 III



Observações: Não se verifica a concepção alternativa maioritária apontada na literatura de que os corpos espumosos fazem diminuir o volume imerso de um corpo.

Um bloco sólido (não oco) flutua em água. Suponha que faz um buraco em toda a sua extensão, retirando parte da sua massa.



Q4: Selecione a opção que corresponde à nova posição do bloco (furado), quando colocado em água.

- (A) 21,8 O bloco furado flutua em água.
- (B) 40,2 O bloco furado vai ao fundo.
- (C) 21,8 O bloco furado vai ficar completamente mergulhado em água, sem tocar no fundo do recipiente.
- (D) 16,1 O bloco furado pode flutuar ou ir ao fundo, dependendo do tamanho do buraco.

Observações: Verifica-se a prevalência da CA de que os corpos com um buraco em toda a sua extensão vão ao fundo.

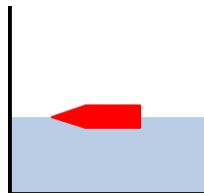
Q5: Selecione a opção que completa corretamente a frase que se segue.

Após a abertura do orifício, a massa do bloco (furado) diminuiu e a densidade...

- (A) 48,3 ... diminuiu, porque o bloco ficou mais leve.
- (B) 26,4 ... aumentou, porque o volume diminuiu.
- (C) 10,3 manteve-se constante, porque o volume do bloco também diminuiu.
- (D) 14,9 ... diminuiu, porque o volume do bloco manteve-se constante.

Observações: Confirma a CA na questão 1. A densidade e massa são entendidos como sinónimos.

Considere um bloco de madeira que flutua em água, com 50 % do seu volume imerso (volume dentro de água), tal como mostra a figura.



Assinale, com uma cruz na tabela, o(s) procedimento(s) que pode(m) fazer variar o volume de madeira imerso.

Procedimento	Faz variar o volume imerso	
	Não	Sim
Q6: Colocar o bloco na vertical (com a extremidade aguçada virada para baixo)	37,9	62,1
Q7: Colocar o bloco na vertical (com a extremidade aguçada virada para cima)	55,2	44,8
Q8: Substituir o líquido por outro diferente	54,0	46,0
Q9: Alterar a forma do bloco (mantendo a massa e o volume)	60,9	39,1
Q10: Aumentar o volume de líquido	67,8	32,2
Q11: Colocar um bloco constituído por outro tipo de madeira, com o mesmo volume e forma	58,6	41,4

Observações: Este conjunto de respostas confirma resultados reportados na literatura. Os alunos consideram que a forma de colocar o objeto em água e a forma do objeto condicionam o volume imerso. Por outro lado, o tipo de líquido já não condiciona. Neste caso, não se tratar de CA, mas de ausência de conhecimento.

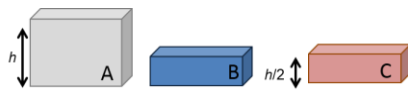
Q12: Um bloco, feito do mesmo material mas com o quádruplo da massa, é colocado novamente em água. Das afirmações seguintes, selecione a única opção correta.

- (A) 25,3 O novo bloco flutua em água com 50% do seu volume imerso, porque o volume do bloco também quadruplicou.
- (B) 18,4 O novo bloco flutua em água com mais de 50% do seu volume imerso, porque a massa aumentou.
- (C) 33,3 O novo bloco afundou-se, porque a massa aumentou.
- (D) 12,6 Dependendo do valor da massa, o novo bloco poderá ou não afundar-se.
- (E) 10,3 O volume imerso mantém-se, mas a fração (ou percentagem) de volume imerso diminui.

Observações: Confirmamos a CA de que a massa condiciona se um objeto flutua ou se afunda.

Q13: Os blocos homogêneos A, B e C, constituídos por substâncias diferentes, têm a **mesma área de base (A)**. De acordo com a informação apresentada sobre as massas (*m*) e as alturas (*h*), selecione a opção que traduz corretamente a relação entre densidades (ρ).

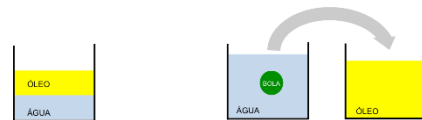
- (A) 8,0 $\rho_A = \rho_B = \rho_C$
- (B) 25,3 $\rho_A < \rho_B < \rho_C$
- (C) 9,2 $\rho_C < \rho_A < \rho_B$
- (D) 56,3 $\rho_C < \rho_B < \rho_A$
- (E) 1,1 $\rho_B < \rho_A < \rho_C$



Blocos	Altura / m	Massa / kg	Área da base / m ²
A	<i>h</i>	2	A
B	$\frac{h}{2}$	1,5	A
C	$\frac{h}{2}$	0,5	A

Observações: Os alunos colocaram por ordem crescente as massas, confundido assim massa com densidade.

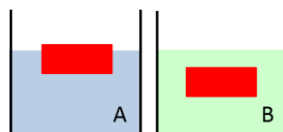
Q14: Uma bola fica completamente mergulhada em água, sem tocar no fundo, mantendo-se em equilíbrio. Sabendo que o óleo flutua em água, selecione a opção que corresponde à posição da bola quando colocada em óleo.



- (A) 12,6 A bola vai flutuar no óleo, porque a densidade da bola é igual à densidade da água.
- (B) 32,2 A bola vai flutuar no óleo, porque a densidade da bola é inferior à densidade da água.
- (C) 18,4 A bola vai ao fundo, porque a densidade da bola é igual à densidade da água.
- (D) 11,5 A bola vai ao fundo, porque a densidade da bola é superior à densidade da água.
- (E) 25,3 A bola vai ficar completamente mergulhada em óleo, sem tocar no fundo.

Observações: As respostas encontram-se distribuídas pelas 5 opções. Contudo, a opção mais votada confirma a CA de que os líquidos pegajosos (como o óleo) fazem os corpos flutuar.

A figura seguinte mostra o **mesmo corpo**, em equilíbrio, mergulhado em 2 líquidos diferentes, o líquido A e o líquido B. Em cada uma das questões, selecione a opção correta.



Q15: Designando por *F* a intensidade da força que o líquido exerce no corpo em cada uma das situações, é possível afirmar que:

- (A) 51,7 $F_A < F_B$

- (B) 41,4 $F_A > F_B$
 (C) 6,9 $F_A = F_B$

Observações: Provavelmente os alunos pensaram que no caso B, o corpo está mais para baixo, pelo que a força que a água exerce é maior (considerando a força com sentido para baixo). Por outro lado, os alunos, ao selecionarem a opção A podem ter considerado que quanto maior for o volume imerso, maior seria a força que o líquido exerce no corpo (independentemente da natureza do líquido no recipiente).

Q16: Comparando a densidade do corpo com a do líquido A é possível afirmar que:

- (A) 53,5 $\rho_{\text{corpo}} < \rho_{\text{líquidoA}}$
 (B) 32,6 $\rho_{\text{corpo}} > \rho_{\text{líquidoA}}$
 (C) 14,0 $\rho_{\text{corpo}} = \rho_{\text{líquidoA}}$

Q17: Comparando a densidade do corpo com a do líquido B é possível afirmar que:

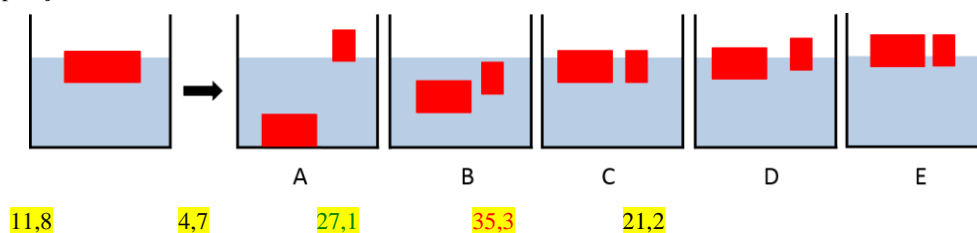
- (A) 29,9 $\rho_{\text{corpo}} < \rho_{\text{líquidoB}}$
 (B) 46,0 $\rho_{\text{corpo}} > \rho_{\text{líquidoB}}$
 (C) 24,1 $\rho_{\text{corpo}} = \rho_{\text{líquidoB}}$

Observações: Por se tratar de questões clássicas, presentes nos manuais, as questões 16 e 17 foram colocadas aqui como questões de controlo.

Q18: Comparando a densidade dos líquidos A e B, é possível afirmar que:

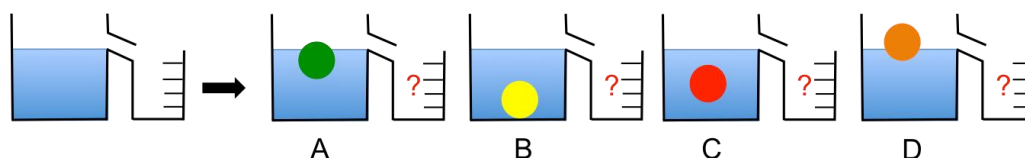
- (A) 37,9 $\rho_{\text{líquidoA}} < \rho_{\text{líquidoB}}$
 (B) 49,4 $\rho_{\text{líquidoA}} > \rho_{\text{líquidoB}}$
 (C) 12,6 $\rho_{\text{líquidoA}} = \rho_{\text{líquidoB}}$

Q19: Dividiu-se o bloco em duas partes diferentes e estas são colocadas novamente no líquido A. Qual a situação que poderá representar as novas posições dos blocos?



Observações: A distribuição foi praticamente uniforme pelas opções. Contudo, a opção mais escolhida volta a confirmar a CA de que quanto mais pesado for o corpo, maior é o volume imerso.

Um recipiente foi cheio com água até ao orifício lateral, tal como indica a figura. Foram colocadas no recipiente, alternadamente, bolas de igual volume, mas feitas de materiais diferentes. O volume de água que subiu em cada caso foi recolhido, mas não é indicado na figura. Em cada uma das questões seguintes, seleccione a opção correta.



Q20: Comparando o valor do peso (P) do líquido recolhido em cada um dos casos, é possível afirmar que...

- (A) 6,9 $P_D = P_A = P_B = P_C$
- (B) 69,0 $P_D < P_A < P_C < P_B$
- (C) 12,6 $P_D < P_A = P_C < P_B$
- (D) 6,9 $P_D < P_A < P_B = P_C$
- (E) 4,6 Outra relação. Qual?

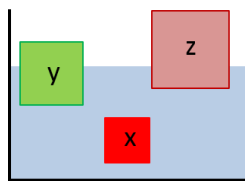
Observações: Verifica-se aqui alguma confusão entre o conceito de volume de líquido deslocado e volume imerso/ volume do corpo. Por outro lado, ao fazer-se uma pergunta sobre o peso do líquido os alunos podem ter estabelecido uma ligação desnecessária com o peso do corpo.

Q21: Em que recipientes o peso do líquido recolhido é igual ao peso da bola?

- (A) 21,8 Apenas B
- (B) 43,7 Apenas C
- (C) 14,9 Apenas A e D
- (D) 6,9 A, C e D
- (E) 12,6 Todos

Observações: Era expectável o baixo índice de acerto desta questão, antes da lecionação do módulo. Contudo, o facto da opção B ser a mais escolhida sugere que haja alguma confusão entre peso do líquido deslocado e densidade, uma vez que esta é a opção onde a densidade do corpo é igual à densidade do líquido.

Considere três blocos com diferente volume ($V_x = V$; $V_y = 2V$; $V_z = 3V$). A massa de X é igual à massa de Y e é superior à de Z. Os blocos encontram-se total ou parcialmente mergulhados em água, em equilíbrio, tal como indica a figura. Em cada uma das questões seguintes, seleccione a opção correta.



Blocos	Volume	Massa
X	V	m
Y	$2V$	m
Z	$3V$	$\frac{m}{2}$

Q22: Designando por F a força que o líquido exerce em cada um dos blocos, é possível afirmar que...

- (A) 8,0 $F_x = F_y = F_z$
- (B) 37,9 $F_x < F_y < F_z$
- (C) 37,9 $F_x > F_y > F_z$
- (D) 16,1 $F_x = F_y > F_z$

Observações: Verifica-se aqui a CA de que quanto maior é a profundidade do objeto, maior é a força que a água exerce no objeto, tal como se verificou em Q15. Paralelamente, pode considerar-se aqui que talvez os alunos considerem que quanto mais o corpo se afunda maior será o empuxo.

Considere que se coloca óleo (flutua em água) no recipiente em vez de água e que o bloco Z continua a flutuar.

Q23: Quando comparado com o caso anterior, a força que o óleo exerce no bloco Z é...

- (A) 36,8 Superior

- (B) 35,6 Inferior
- (C) 27,6 Igual

Q24: Selecione a opção que completa corretamente a frase que se segue.

O volume imerso do bloco Z em óleo...

- (A) 34,5 superior ao volume imerso, do mesmo bloco, em água.
- (B) 32,2 inferior ao volume imerso, do mesmo bloco, em água.
- (C) 33,3 igual ao volume imerso, do mesmo bloco, em água.

Observações: As questões Q23 e Q24 apresentam distribuições, aproximadamente, uniformes o que sugere que houve uma escolha aleatória, tal como seria de esperar dado que se tratam de questões que exigem um conhecimento do empuxo e da 2.^a Lei de Newton.

ANEXO 3**ATIVIDADE LABORATORIAL N.º 1**

Caro estudante,

A tua equipa tem 10 minutos para percorrer cada estação. Lê atentamente cada tarefa e discute-a dentro do grupo antes de a realizarem e responderem na ficha. Nas tarefas de demonstração, chama o professor para as avaliar, após discussão no grupo.

ESTAÇÃO LABORATORIAL 1

10 min

1. Na bancada tens 3 cilindros (**A**, **B** e **C**) com o mesmo volume. Cada cilindro é feito de uma única substância.

1.1 Coloca os três cilindros por ordem crescente de densidade.

1.2 Os 3 cilindros são feitos da mesma substância? Justifica.

1.3 Considera um outro cilindro (**cilindro X**) com a mesma massa do cilindro **A** mas com o dobro do volume. Selecciona a opção que representa corretamente a relação entre a densidade dos cilindros A e X.

(A) $r_X = r_A$ (B) $r_X = 2r_A$ (C) $r_X = \frac{1}{2}r_A$ (D) $r_X = 4r_A$

2. Na bancada há 2 esferas diferentes, com a mesma massa. Coloca-as por ordem crescente de densidade.

3. Considera os 3 cubos homogéneos presentes na bancada.

3.1 Com o material disponível determina a densidade de cada um dos cubos.

Cubo	Volume / cm ³	Massa / g	Densidade / g cm ⁻³
A			
B			
C			

3.2 Identifica os cubos constituídos pela mesma substância.



ESTAÇÃO LABORATORIAL 2

10 min

1. Na bancada tens disponível uma proveta com água e três objetos. Coloca cada objeto na proveta e regista o volume de água que subiu em cada caso.

Objeto	Berlinde	Balão de água	Cubo de gelo
Volume de água que subiu / mL			

2. Tendo em atenção os registos anteriores responde às questões seguintes.
- 2.1 Das afirmações seguintes, seleciona a opção correta.
- (A) Em todos os casos, o volume de água que subiu corresponde ao volume do objeto.
- (B) Apenas no caso do balão de água, o volume de água que subiu corresponde ao volume do objeto.
- (C) Em todos os casos, o volume de água que subiu corresponde ao volume imerso do objeto.
- (D) Apenas no caso do berlinde, o volume de água que subiu corresponde ao volume imerso do objeto.
- 2.2 Indica, justificando, em que situação o valor da impulsão é superior.
- 2.3 Indica, justificando, em que situação o valor da força que o objeto exerce na água é superior.
- 2.4 A densidade da água é 1000 kg/m^3 . Sabendo que o berlinde tem de volume $9,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, calcula o valor da força que a água exerce no berlinde. Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$

2.5 Completa, corretamente, as frases seguintes.

- Quando o cubo de gelo está em equilíbrio no líquido, o valor do seu peso é _____ (inferior/ superior/ igual) ao da impulsão.
- Quando o berlinde se encontra mergulhado no líquido, o valor do seu peso é _____ (inferior/ superior/ igual) ao da impulsão.
- Quando o balão de água está em equilíbrio no líquido, o valor do seu peso é _____ (inferior/ superior/ igual) ao da impulsão.



ESTAÇÃO LABORATORIAL 3

10 min

1. Enche o copo com água até ao tubo lateral. Seguidamente, tara a balança e coloca dentro do copo uma bola de golfe.

1.1 Completa a tabela seguinte.

Massa de água deslocada / g	Peso de água deslocada / N ($g = 10 \text{ m/s}^2$)	Impulsão / N

- 1.2 Durante a experiência, o volume total de água não se alterou. Compara o volume da bola com o do líquido deslocado. O que podes concluir? (*Selecciona a opção correta*)

- (A) O volume da bola é superior ao volume de fluido deslocado.
- (B) O volume da bola é igual ao volume de fluido deslocado.
- (C) O volume da bola é inferior ao volume de fluido deslocado.

1.3 Completa corretamente a frase seguinte:

O peso do líquido deslocado é _____ (inferior/ superior/ igual) ao peso da bola.



Com o material disponível, confirma as previsões anteriores! Chama o professor antes de prosseguir!

Avaliação do professor:

Demonstração: Correta Incompleta Incorreta | Assinatura _____

2. Substitui a bola de golfe por uma bola de espuma e repete a experiência anterior.

2.1 Compara o volume da bola com o do líquido deslocado. O que podes concluir? (Seleciona a opção correta)

- (A) O volume da bola é superior ao volume de fluido deslocado.
 (B) O volume da bola é igual ao volume de fluido deslocado.
 (C) O volume da bola é inferior ao volume de fluido deslocado.

2.2 Completa a afirmação seguinte, para a bola de espuma.

O peso do líquido deslocado é _____ (inferior/ superior/ igual) ao peso da bola.



ESTAÇÃO LABORATORIAL 4

10 min

1. Na bancada tens uma bola de golfe.

1.1 Seleciona o instrumento apropriado para determinar o valor do peso da bola e completa a tabela seguinte. Tem em atenção a correta calibração do instrumento.

Instrumento	Alcance	Sensibilidade	Peso / N

1.2 Suspende a bola no dinamómetro e mergulha-a lentamente em água (sem tocar nas paredes do copo).

1.2.1 Regista o resultado da medição.

$X =$

1.2.2 O que representa a grandeza física X ? (Seleciona a opção correta)

- (A) Peso real da bola.
 (B) Impulsão.
 (C) Peso aparente da bola.
 (D) Peso real da bola + Peso aparente da bola.

1.2.3 Calcula o valor da impulsão.

1.2.4 Calcula o valor da força que a bola exerce na água.

1.2.5 O valor da resultante das forças que atuam na bola (quando se encontra suspensa no líquido) é... (Selecione a opção correta)

- (A) igual ao módulo do peso real da bola.
- (B) zero.
- (C) igual ao módulo do peso aparente da bola.
- (D) igual ao módulo da impulsão.

1.2.6 Imagina que dissolves um pouco de sal no recipiente. O que vai acontecer à bola, considerando que ela continua suspensa no dinamómetro dentro do copo com água? (Selecione a opção correta)

- (A) A impulsão vai aumentar e o peso aparente vai diminuir.
- (B) A impulsão vai aumentar assim como o peso aparente.
- (C) A impulsão vai manter o seu valor.
- (D) A impulsão vai diminuir e o peso aparente vai aumentar.

ATIVIDADE LABORATORIAL N.º 2

ESTAÇÃO LABORATORIAL 1



10 min

1. Na tua bancada tens um copo com 3 líquidos (água com corante verde, álcool e óleo), três bolas (laranja, verde e rosa) e um berlinde.
 - 1.1 Coloca por ordem crescente a densidade dos líquidos.
 - 1.2 Coloca por ordem crescente a densidade das três bolas (laranja, verde e rosa).
 - 1.3 Coloca por ordem crescente a densidade dos líquidos e das três bolas (laranja, verde e rosa).
 - 1.4 Compara o valor da força que o líquido exerce no berlinde com a que o líquido exerce na bola verde. Justifica.
 - 1.5 Completa corretamente as frases seguintes.

- Quando o berlinde está no fundo do recipiente, o valor do seu peso é _____ (inferior/ superior/ igual) ao da impulsão.
- Quando a bola laranja está em equilíbrio no líquido, o seu peso é (superior/ inferior/ igual) _____ ao peso do volume do líquido deslocado.

1.6 Com o material disponível mede o valor da impulsão exercida no barco. Chama o professor antes de prosseguir!

Avaliação do professor:

Medição: Correta Incompleta Incorreta | Assinatura _____

Sabendo que a impulsão exercida no berlinde é de 0,1 N, completa corretamente a frase seguinte.

“A impulsão no berlinde é _____ (superior/inferior) à do barco, porque o volume imerso é _____ (superior/inferior) no barco.

ESTAÇÃO LABORATORIAL 2



10 min

1. Com o material disponível na bancada, realiza experiências para dar resposta às questões apresentadas. No final, chama o professor e procede às demonstrações.

Questão A: As cavidades/buracos de um objeto determinam se um objeto flutua?

Questão B: A posição em que um objeto é colocado no fluido determina se esta flutua?

Questão C: O volume de um objeto determina se um objeto flutua?

Questão D: A massa de um objeto determina se um objeto flutua?

Avaliação do professor:

Demonstração A:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Incorreta	Assinatura _____
Demonstração B:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Incorreta	Assinatura _____
Demonstração C:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Incorreta	Assinatura _____
Demonstração D:	<input type="checkbox"/> Correta	<input type="checkbox"/> Incompleta	<input type="checkbox"/> Incorreta	Assinatura _____

2. Dos fatores seguintes, seleciona o(s) que condiciona(m) a flutuação de um objeto.

- (I) Densidade do objeto
- (II) Forma do objeto
- (III) Volume do objeto
- (IV) Volume do líquido
- (V) Densidade do líquido
- (VI) Peso do objeto



ESTAÇÃO LABORATORIAL 3

10 min

1. Observa a posição das duas peças LEGO em água.

1.1 Remove alguma água do recipiente e observa novamente as duas peças LEGO. O volume imerso das peças alterou-se?

1.2 Considera que dissolve um pouco de sal na água. O que acontece à impulsão e ao volume imerso das peças

LEGO? (Selecione a opção correta)

- (A) A impulsão vai aumentar e o volume imerso vai diminuir.
- (B) A impulsão e o volume imerso vão diminuir.
- (C) A impulsão e o volume imerso vão aumentar.
- (D) A impulsão vai diminuir e o volume imerso vai aumentar.
- (E) A impulsão vai manter-se e o volume imerso diminuir.

1.3 Separa as duas peças e coloca-as novamente em água. Como variou a percentagem de volume imerso de cada peça? (Selecione a opção correta)

- (A) A % de volume imerso das duas peças permanece igual para as 2 peças e igual à situação anterior.
- (B) A % de volume imerso da peça menor diminui e o da peça maior aumenta.
- (C) A % de volume imerso da peça menor diminui, assim como o da peça maior.
- (D) A % de volume imerso da peça menor aumenta e o da peça maior diminui.

2. Coloca o copo de plástico no recipiente e observa o volume imerso. Posteriormente, coloca aproximadamente 40 mL de água no copo.

2.1 O que aconteceu ao valor da impulsão sofrida pelo copo? (Selecione a opção correta)

- (A) Aumentou.
- (B) Diminuiu.
- (C) Manteve-se constante

2.2 Explica por que motivo o volume imerso do copo aumentou.

ESTAÇÃO LABORATORIAL 4



10 min

Há diferentes maneiras de calcular a impulsão. Nesta estação, vais determinar experimentalmente o valor da impulsão exercida numa chumbada, utilizando dois instrumentos: a balança e o dinamómetro.

1. Enche o copo com água até ao tubo lateral. Seguidamente, tara a balança e suspenda a chumbada no dinamómetro. Mergulha lentamente a chumbada no recipiente com água (sem tocar nas paredes do copo com água).

1.1 Completa a tabela seguinte, com os valores fornecidos pela balança.

Massa de água deslocada / g	Peso de água deslocada / N ($g= 10 \text{ m/s}^2$)	Impulsão / N

1.2 Completa a tabela seguinte, com os valores fornecidos pelo dinamómetro.

Peso real / N	Peso aparente / N	Impulsão / N

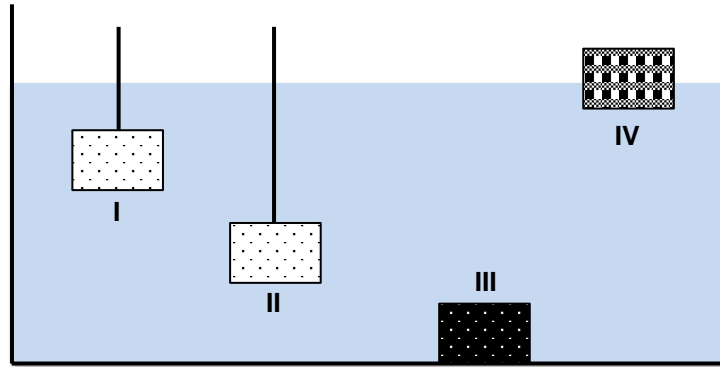
1.3 Compara os dois valores obtidos para a impulsão. O que pode concluir?

1.4 Representa as forças que atuam na chumbada (durante a suspensão). Segue as seguintes instruções:

- Usa os valores da questão 1.2
- Usa uma escala onde 1 N é 1 cm
- Usa diferentes cores para cada força
- Inclui a legenda

ANEXO 4

1. A figura seguinte apresenta 4 blocos, **de igual volume**, em repouso e mergulhados parcial ou totalmente em água. Os blocos **I** e **II** são feitos do mesmo material e encontram-se completamente mergulhados, suspensos por um fio que é segurado pela mão de um aluno. Os blocos **III** e **IV** são feitos de materiais diferentes. O bloco **III** encontra-se no fundo do recipiente e o bloco **IV** encontra-se a flutuar.



1.1 Para cada um dos blocos seleciona o vetor que melhor representa o sentido e direção da força que a água exerce em cada um dos blocos.

↓
↑
F = 0
Vetor nulo
→

	(A)	(B)	(C)	(D)
Bloco I:	(A)	(B)	(C)	(D)
Bloco II:	(A)	(B)	(C)	(D)
Bloco III:	(A)	(B)	(C)	(D)
Bloco IV:	(A)	(B)	(C)	(D)

1.2 Seleciona a opção que relaciona corretamente o valor (intensidade) da força que a **água** exerce nos blocos **I** e **II**.

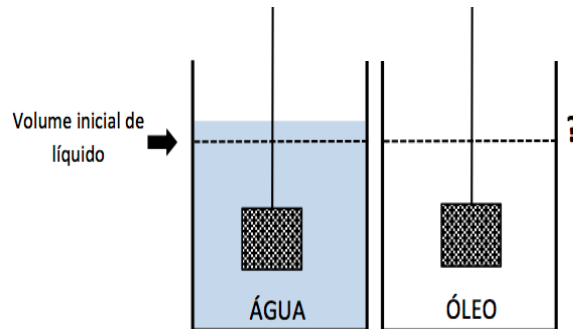
- (A) $F_I < F_{II}$
- (B) $F_I > F_{II}$
- (C) $F_I = F_{II}$
- (D) Depende da intensidade da força que a mão exerce no bloco.

1.3 Seleciona a opção que relaciona corretamente o valor (intensidade) da força que a **mão**, através do fio, exerce em cada um dos blocos **I** e **II**.

- (A) $F_I = F_{II}$
- (B) $F_I < F_{II}$
- (C) $F_I > F_{II}$

(D) Depende da intensidade da força que a água exerce em cada bloco.

2. Dois recipientes idênticos possuem o mesmo nível de líquido (a tracejado), mas um contém água e o outro contém óleo. Um bloco de borracha é colocado dentro do recipiente com água, promovendo o volume de água deslocado indicado na figura. Um bloco idêntico é colocado em óleo.



- 2.1 Seleciona a opção que relaciona corretamente o volume de água deslocado pelo bloco com o volume de óleo deslocado por um bloco idêntico.

- (A) $V_{\text{deslocado_água}} < V_{\text{deslocado_óleo}}$
 (B) $V_{\text{deslocado_água}} = V_{\text{deslocado_óleo}}$
 (C) $V_{\text{deslocado_água}} > V_{\text{deslocado_óleo}}$
 (D) Depende da qualidade do óleo

- 2.2 Seleciona a opção que relaciona corretamente o valor (intensidade) da força que o líquido exerce em cada um dos blocos.

- (A) $F_{\text{água}} = F_{\text{óleo}}$
 (B) $F_{\text{água}} < F_{\text{óleo}}$
 (C) $F_{\text{água}} > F_{\text{óleo}}$
 (D) Depende da intensidade da força que a mão exerce no bloco.

- 2.3 Um bloco de ferro com o mesmo volume do bloco de borracha é colocado no recipiente com água. Seleciona a opção que relaciona corretamente o volume deslocado por cada um dos blocos em água.

- (A) $V_{\text{deslocado_borracha}} < V_{\text{deslocado_ferro}}$
 (B) $V_{\text{deslocado_borracha}} = V_{\text{deslocado_ferro}}$
 (C) $V_{\text{deslocado_borracha}} > V_{\text{deslocado_ferro}}$
 (D) Depende do volume do recipiente.