

Estudo de um caso de ensino e aprendizagem da mecânica no 9.º ano de escolaridade

Maria José B.M. de Almeida^{1,3}, Marta C.S. Vasconcelos e Sá^{2,3}

¹ Departamento de Física, Universidade de Coimbra, Portugal

² Agrupamento de Escolas de Pombal, Portugal

³ CFisUC, Centro de Física da Universidade de Coimbra, Portugal
ze@fis.uc.pt

Resumo

Relatam-se práticas pedagógicas de ensino da mecânica centradas no desenvolvimento, em sala de aula, dos modelos mentais dos alunos do 9.º ano de escolaridade. Para medir este desenvolvimento usou-se um extrato do Force Concept Inventory. Os resultados permitiram concluir que houve excelentes aprendizagens dos alunos em termos de correção da maioria das preconcepções iniciais cientificamente incorretas. Salienta-se, por ter tido menor qualidade, a aprendizagem da 3.ª lei de Newton. Sugere-se a replicação em sala de aula da experiência pedagógica proposta, complementada pelo ensino desta lei através de uma linguagem um pouco diferente da habitual.

Introdução

Nos dias de hoje, a entrar nos anos 20 do século XXI, há imensas fontes de informação, tão facilmente acessíveis que vêm ao nosso encontro e nos influenciam mesmo sem quase darmos por elas. As novidades introduzidas na vida dos cidadãos são quase diárias. Surgem com frequência modificações mais ou menos profundas nas máquinas de que dependemos para a atual noção de conforto. A tecnologia reformula-se e expande-se tão rapidamente que muitos dos antigos trabalhos desempenhados pelos cidadãos são agora melhor executados por robots. Há novos empregos associados ao funcionamento das novas máquinas, mas, com algumas exceções, é praticamente impossível prever o que poderão vir a ser as oportunidades para os jovens adultos no futuro próximo.

Os professores devem compreender que o seu papel tem vindo a alterar-se profundamente nalguns aspetos. Como orientar as aprendizagens dos jovens que frequentam hoje o Ensino Básico e que virão a ser adultos dentro de dez anos [1,2]? Que competências lhes permitirão adaptar-se mais facilmente às suas vidas adultas de cidadãos produtivos da sua própria subsistência, numa sociedade que se adivinha extremamente mutável e criativa?

De acordo com uma orientação epistemológica para o ensino da Física e tendo em conta as influências das teorias construtivistas e cognitivistas da aprendizagem [3-5] entende-se que a

resposta tem de passar pelas competências associadas ao processamento das informações a que é cada vez mais fácil aceder e à capacidade de aprender a enfrentar, em sociedade, os novos desafios e oportunidades que virão a surgir. A aprendizagem da Física implica o alargamento ou a reestruturação dos modelos mentais dos alunos, ou seja, das preconcepções constituídas pelas suas ideias ou representações internas sobre o comportamento da natureza, desenvolvidas antes do seu contacto com o ensino formal da Física nas escolas [3,6]. Será útil uma educação que desde os primeiros níveis promova, em grupo, o desenvolvimento de estruturas cognitivas, a interligação de ideias, a expressão de ideias próprias e a interpretação pessoal e crítica de situações problemáticas sobre as quais, como cidadãos adultos, vão decerto ser chamados a pronunciar-se. Assim se fundamenta a educação de futuros físicos e de profissionais de ramos de engenharia e da saúde; mas também se desenvolvem em todos os jovens capacidades e competências úteis na sua adaptação às novas situações de um futuro marcado por um forte desenvolvimento tecnológico [1,2].

As questões de investigação a que se pretende responder são:

1. No início do 9.º ano os alunos já possuem modelos mentais (preconcepções) sobre o comportamento da natureza? Quais as suas características?
2. O ensino da Física normalmente praticado em sala de aula do 9.º ano aproxima os modelos mentais dos alunos dos modelos científicos que se pretende que aprendam?
3. Será possível desenhar atividades pedagógicas a desenvolver nas salas de aula do 9º ano que sejam eficazes na correção das preconcepções incorretas sobre mecânica, e que sejam compatíveis com o cumprimento total do currículo oficial?

Os conceitos básicos de mecânica e as preconcepções incorretas

Neste trabalho focam-se os conteúdos das unidades temáticas “Movimentos na Terra” e “Forças e movimentos” (movimentos retilíneos, sem inversão do sentido do movimento) a aprender no 9º ano [7]. O principal objetivo foi conseguir desenvolver e aplicar estratégias de ensino que levassem os alunos a corrigir, desde os níveis iniciais de aprendizagem [8], as conhecidas preconcepções incorretas sobre a Física [3,9-12]. Quando não são detetadas atempadamente pelos docentes, elas vão-se propagar para as idades adultas, criando resistências cada vez mais fortes a futuras tentativas de ensino da Física. Na Caixa 1 indicam-se algumas preconcepções sobre conceitos de mecânica, bem como razões para a sua existência.

| Preconcepções incorrectas comuns | “Experiências do dia-a-dia” invocadas pelos alunos | Razões físicas para as incorreções (omissões racionais): |
|--|--|--|
| “... os corpos mais pesados caem mais rapidamente que os corpos menos pesados...” | ... os balões que não sobem, caem devagarinho... ... os frutos das árvores caem mais rapidamente que as folhas que se soltam... | ... a impulsão de corpos leves no ar (fluidos) não é desprezável... ... os efeitos da resistência do ar dependem da forma e massa dos corpos... |
| “... para manter o movimento de um corpo num determinado sentido, temos de continuar a exercer força sobre ele, com o sentido do movimento...” | ... caixote ou carrinho do supermercado que se empurram e que param “imediatamente” quando se deixa de os empurrar... | ... efeitos de forças de atrito... |
| “... se atiro um corpo para cima, na vertical, ele continua a subir até “esgotar a força” com que o atirei...” | ... o corpo sobe, cada vez mais devagar; depois vai parar; e só depois desce... | ... os corpos não “têm” forças... ... existem forças instantâneas cujo efeito é apenas comunicar uma velocidade inicial para uma 2ª fase do movimento... |
| “... num choque, a força que um camião exerce sobre um carro pequeno é maior que a força que o carro exerce sobre o camião...” | ... o carro fica bastante danificado e o camião fica quase na mesma... | ... forças ação e reação da 3ª lei, simultâneas, com igual intensidade... ... a análise de efeitos posteriores tem de considerar todas as forças aplicadas em cada corpo... |

Caixa 1 - Preconcepções comuns sobre mecânica devidas a “experiências do dia-a-dia” presentes na realidade dos jovens alunos, e algumas razões para a sua existência.

Como combater estas bases incorretas de cognição em termos de conhecimentos de Física? Acredita-se que isto é possível conseguindo que os alunos aprendam, desde o início, a compreender e a distinguir os diferentes conceitos e as leis base da mecânica, praticando e discutindo as suas aprendizagens em situações do dia-a-dia e desenvolvendo atividades experimentais bem compreendidas. Assim poderão fundamentar a criação de estruturas cognitivas coerentes com os modelos científicos, desde o início das aprendizagens da Física.

Investigação educacional quase-experimental

Desenhou-se uma experiência de investigação educacional quase-experimental sobre o ensino na prática de sala de aula que foi concretizada no ano letivo de 2017/2018. Neste tipo de investigação quase-experimental [13] comparam-se as aprendizagens dos alunos de duas amostras – o grupo experimental e o

grupo de controlo – submetidas a “tratamentos pedagógicos” diferentes. É uma investigação experimental porque envolve a intervenção dos investigadores, que definem a atuação pedagógica sobre o grupo experimental, o “tratamento” considerado como variável independente. Trata-se de uma investigação quantitativa, uma vez que os resultados – os valores da variável dependente – são medidos através dos números que traduzem as classificações obtidas pelos alunos em testes de avaliação, respondidos antes e após as intervenções letivas e aceites como instrumentos de medida. A designação “quase-experimental” apenas se refere ao facto de os indivíduos das amostras não serem escolhidos ao acaso, mas constituírem turmas definidas pela própria escola. Deve haver o cuidado de uniformizar outras variáveis que poderão vir a influenciar os resultados obtidos. Assim, todas as turmas envolvidas neste estudo tinham aproximadamente o mesmo número de alunos,

menor ou igual a 20, apresentavam percentagens semelhantes de alunos de ambos os sexos e eram equivalentes em termos de aproveitamento escolar. Ao definir os grupos de controlo, com alunos sujeitos ao “ensino tradicional” praticado atualmente nas escolas, houve o cuidado de escolher sempre duas turmas, para se poder assegurar uma maior uniformidade estatística inicial dos grupos estudados. Um dos fatores importantes sobre a equivalência inicial dos grupos experimental e de controlo será a semelhança detetada nas respostas aos pré-testes.

Nesta investigação o grupo experimental foi constituído por uma turma de 9.º ano da Escola Secundária de Pombal com 20 alunos, com igual número

de rapazes e raparigas, com um aluno a repetir o 9.º ano e três alunos indicados como tendo necessidades educativas especiais. Esta turma foi lecionada por uma das autoras deste trabalho (MVS). Como grupo de controlo usaram-se duas turmas do 9º ano de escolas da região centro com o total de 24 alunos, que responderam ao pré-teste. Como no final do semestre letivo foram alegadas “dificuldades relacionadas com falta de tempo para cumprir o programa nestas duas turmas”, recorreu-se a outras duas turmas de escolas da região centro com o total de 38 alunos, que responderam ao pós-teste. Por esta razão existe um grupo de controlo pré e um outro grupo de controlo pós. Reconhece-se que este facto perturbou o desenvolvimento da experiência, mas não há qualquer razão para esperar que os alunos do grupo de controlo pós pudessem ter tido um comportamento significativamente diferente do dos seus colegas no início das atividades letivas do 9º ano.

Como instrumento de medida das aprendizagens usou-se uma tradução para português das 15 questões do *Force Concept Inventory*, FCI, [14,15] que focam os conceitos e leis da

mecânica ensinada no 9º ano de escolaridade em Portugal. Este instrumento é largamente aceite pela comunidade científico-educacional como adequado à deteção da qualidade das aprendizagens dos alunos sobre os conceitos básicos de mecânica [9, 11,14, 16]. É mais frequentemente usado com alunos dos primeiros anos universitários, mas também com alunos do ensino secundário [11,17]. Tanto quanto é do nosso conhecimento, esta é a primeira aplicação para detetar a qualidade das aprendizagens de alunos do 9º ano de escolaridade. O FCI contém questões de escolha múltipla com cinco hipóteses de resposta, das quais uma está correta e as outras são coerentes com preconceções incorretas encontradas com elevada frequência mesmo em amostras constituídas por alunos universitários. Tanto as questões como as alternativas de resposta focam situações comuns do dia-a-dia e são de fácil compreensão tanto por alguém que nunca aprendeu formalmente conceitos de física na escola como pelo jovem iniciado nos conteúdos escolares. A Caixa 2 contém as traduções para português de três questões do FCI.

- Q4. Um camião colide de frente com um carro ligeiro. Durante a colisão:
- o camião exerce uma força maior no carro do que o carro exerce no camião;
 - o carro exerce uma força maior no camião do que o camião exerce no carro;
 - nenhum dos veículos exerce uma força no outro, o carro despedaça-se simplesmente porque está no caminho do camião;
 - o camião exerce uma força no carro, mas o carro não exerce uma força no camião;
 - o camião exerce a mesma força no carro que o carro exerce no camião.
- Q25. Uma mulher exerce uma força horizontal constante numa caixa grande, que está no chão. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente sobre o chão, com uma velocidade constante " v_0 ". A força horizontal constante aplicada pela mulher:
- tem a mesma intensidade que o peso da caixa;
 - é maior que o peso da caixa;
 - tem a mesma intensidade que a força total que resiste ao movimento da caixa;
 - é maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa;
 - é maior, quer do que o peso da caixa, quer do que a força total que resiste ao movimento da caixa.
- Q30. Apesar de um vento muito forte, uma jogadora de ténis consegue bater na bola com a sua raquete, de modo que a bola passa sobre a rede e cai no campo do jogador oponente. Considere as seguintes forças:
- Uma força descendente da gravidade;
 - Uma força devida à "batida";
 - Uma força exercida pelo ar.
- Quais destas forças atuam na bola de ténis no intervalo de tempo após a bola deixar de estar em contacto com a raquete e antes de tocar no campo do outro jogador?
- apenas a força 1;
 - as forças 1 e 2;
 - as forças 1 e 3;
 - as forças 2 e 3;
 - as forças 1, 2 e 3.

Caixa 2 - Exemplos de questões do instrumento de avaliação (tradução do FCI [14, 15]).

No tratamento do grupo experimental utilizaram-se metodologias de ensino orientadas para a promoção e (re)construção dos modelos mentais dos alunos sobre os conteúdos de mecânica. Nas primeiras aulas refletiu-se em grande grupo sobre a palavra "modelo" e os contextos em que poderia ser utilizada. Recordou-se a noção do modelo científico apresentada no 7.º ano, onde são referidos alguns marcos importantes na história do modelo atómico. Foi possível concluir, em conjunto, que o conhecimento constitui uma estrutura em evolução, na qual as ideias se vão associando umas às

outras, servindo de base para analisar e explicar situações concretas. Esta estrutura ajuda a pensar e a processar novas aprendizagens, levando à construção de modelos mentais consistentes, que possibilitam a análise crítica e válida das situações à luz do conhecimento que se possui em cada momento.

Desenvolveram-se atividades letivas com o envolvimento de todos os alunos, levando-os a pensar e a escrever sobre cada assunto, a expor as suas dúvidas e a apresentar e a defender de forma sustentada as suas ideias. Sobre alguns temas utilizaram-se protocolos do manual [18], enquanto noutros as atividades foram concebidas pelos alunos, com o apoio da docente.

Para contextualizar as atividades letivas da Física em situações do dia-a-dia, implementou-se o Referencial de Educação Rodoviária, integrado no Projeto de Educação para a Saúde, obrigatório em todas as

escolas. No espaço exterior à escola os alunos fizeram observações e recolha de dados sobre os movimentos de automóveis, o que permitiu calcular valores de rapidez média, traçar gráficos e registar comportamentos. Analisaram-se dados estatísticos relacionados com a sinistralidade e valores de velocidade permitidos por lei, procurando-se perceber se as imposições legais teriam sido cumpridas pelos condutores observados. Introduziram-se os temas da eco-mobilidade e da equidade na mobilidade. Este tratamento integrado foi distinguido através de um convite da Direção Geral da Educação a uma das autoras (MVS), para a sua apresentação à comunidade letiva [19] inserida na componente de currículo Cidadania e Desenvolvimento.

Como exemplo do desenvolvimento de atividades pensadas pelos alunos foi-lhes solicitado que, aos pares,

elaborassem por escrito duas hipóteses acerca do comportamento das forças de atrito e propusessem protocolos experimentais que permitissem verificar essas hipóteses, validando-as ou não. Os alunos puderam utilizar o manual e a web para fazer pesquisas antes de elaborarem o protocolo experimental. A docente acompanhou e aconselhou os alunos, sempre que solicitado. A maioria das propostas apresentadas foi no sentido de testar se a massa dos objetos e se a área de contacto com os suportes, influenciariam

a intensidade das forças de atrito. Os resultados obtidos foram discutidos em grande grupo e foram tiradas as conclusões adequadas. Os alunos registaram estas conclusões no caderno diário e, em aula, procederam à leitura das páginas do manual respeitantes a este assunto.

Incentivaram-se os diálogos e as discussões sobre situações concretas e o “pensar em voz alta”. Promoveu-se a apresentação de justificações e dúvidas por escrito, atividades que menos atraíam os alunos. Insistiu-se na resolução de problemas e exercícios do manual que obrigavam à análise de gráficos e tabelas e à elaboração de textos explicativos. Era permitida a realização de exercícios aos pares, sempre que os alunos o solicitavam.

Todos os conteúdos letivos foram lecionados de acordo com o planificado, sem quaisquer atrasos. As atividades de índole prática decorreram quase todas as semanas, quando a turma estava organizada em turnos. Para cada uma das abordagens que envolveram a conceção, pelos alunos, de hipóteses e de atividades experimentais que as testassem, como no estudo do atrito e no estudo sobre o conceito de resultante das forças aplicadas, foram necessárias três aulas. Isso limita uma aplicação mais frequente deste tipo de intervenção dos estudantes.

Nas turmas do grupo de controlo pós foram realizadas atividades práticas do manual [18]. Tanto quanto é do conhecimento das autoras, não foram promovidas discussões em grande ou pequeno grupo, nem atividades de produção de texto.

Resultados e análise

As aprendizagens dos alunos são reveladas pela comparação entre os valores médios das percentagens de respostas corretas obtidas no pós-teste com as obtidas no pré-teste. Pode definir-se um ganho médio absoluto G através da diferença entre estes dois valores. No entanto, com esta definição podem ser subvalorizados os resultados de alunos com boas classificações no pré-teste, o que reduziria as suas hipóteses para o ganho absoluto possível. Assim, foi proposta a definição de ganho normalizado $\langle g \rangle$ [11], que é igual ao ganho absoluto G dividido pelo maior ganho possível para cada amostra. Na Caixa 3 indica-se o modo de calcular o ganho médio normalizado $\langle g \rangle$ [11], bem como o significado que os autores desta proposta entendem dever ser atribuído aos diferentes valores de $\langle g \rangle$ obtidos pelas amostras analisadas.

$\langle g \rangle$ é um parâmetro muito utilizado para verificar a eficácia de diferentes tratamentos pedagógicos nas aprendizagens dos alunos (ver referência [11]).

$$\langle g \rangle = \frac{\text{média de \% de acertos pós} - \text{média de \% de acertos pré}}{100 - \text{média de \% de acertos pré}}$$

Este valor varia no intervalo [0;1]. De acordo com [11], valores inferiores a 0,30 não têm grande significado, valores entre 0,30 e 0,70 indicam uma boa aprendizagem (tanto melhor quanto mais próximos de 0,70) e valores superiores a 0,70 indicam aprendizagens excelentes.

Caixa 3 - Definição do ganho normalizado $\langle g \rangle$

Os resultados médios, em percentagem, dos pré- e pós-testes dos grupos experimental e de controlo estão indicados na Tabela 1. Ao longo do semestre houve uma redução de alunos no grupo experimental. Pode verificar-se que todos os alunos tinham inicialmente um largo espectro de preconcepções incorretas pois os dois grupos inquiridos obtiveram a mesma média de acertos de 15 % no pré-teste. Note-se que havendo cinco opções de escolha, seria de esperar um acerto estatístico de 20 %, se os alunos respondessem completamente ao acaso.

O grupo de controlo pós obteve no pós-teste, após a leção dos conceitos básicos da mecânica seguindo uma metodologia normalmente praticada em sala de aula, uma classificação semelhante às obtidas pelos seus colegas nos pré-testes (idêntica quando se consideram as dispersões dos resultados). Isto revela que esse tipo de ensino não foi eficaz na aproximação aos modelos científicos dos modelos mentais iniciais dos alunos sobre os conteúdos da mecânica.

Tabela 1 - Médias dos pré- e pós-testes do grupo experimental e dos grupos de controlo.

| | Número de estudantes | Média da % de acertos | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| | | Pré-teste | Pós-teste |
| Grupo controlo pré | 24 | 15 ± 12 | -- |
| Grupo controlo pós | 38 | -- | 17 ± 11 |
| Grupo experimental | 20 / 17 | 15 ± 08 | 58 ± 09 |

O grupo experimental conseguiu uma boa aprendizagem durante as atividades letivas, passando de uma média inicial de 15 % de acertos para uma média final de 58%, com um ganho médio normalizado $\langle g \rangle = 0,51$.

Uma análise dos resultados do grupo experimental para cada uma das questões mostrou uma distribuição não uniforme de aprendizagens pelos diversos temas envolvidos. A Tabela 2 contém oito questões do FCI cujos conteúdos foram excelentemente aprendidos pelos alunos do grupo experimental, com uma média de 87 % de acertos após a leção comparados com apenas 21 % iniciais, o que leva ao valor $\langle g \rangle = 0,84$; a Tabela 3, com as restantes sete questões, mostra uma percentagem média de 22 % de acertos no pós-teste contra 10 % iniciais, ou seja, um valor $\langle g \rangle = 0,13$ que indica uma aprendizagem média muito fraca.

Tabela 2 - Percentagem de escolhas corretas dos alunos do grupo experimental; oito questões cujos conteúdos foram excelentemente aprendidos.

| Questão FCI 1995 | Q1 % | Q3 % | Q13 % | Q17 % | Q25 % | Q27 % | Q29 % | Q30 % | Média da % de acertos |
|------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| Pré-teste | 20 | 25 | 5 | 10 | 35 | 35 | 20 | 15 | 21% |
| Pós-teste | 100 | 94 | 100 | 78 | 78 | 72 | 83 | 89 | 87% |

Tabela 3 - Percentagem de escolhas corretas dos alunos do grupo experimental; sete questões cujos conteúdos foram mal aprendidos.

| Questão FCI 1995 | Q4 % a/r | Q15 % a/r | Q16 % a/r | Q19 % | Q20 % | Q26 % | Q28 % a/r | Média da % de acertos |
|------------------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------------------|
| Pré-teste | 5 | 15 | 10 | 15 | 5 | 15 | 5 | 10% |
| Pós-teste | 6 | 56 | 39 | 6 | 17 | 11 | 22 | 22% |

Analisando apenas as quatro questões do FCI sobre a 3.^a lei de Newton ou “lei da igualdade da ação-reação”, indicadas na Tabela 3 com a sigla a/r, a percentagem média final de acertos é de 31 %, contra 9 % no início, ou um valor de $\langle g \rangle = 0,24$. Embora tenha havido aprendizagem, ela não é muito significativa.

Proposta para ensinar a 3^a lei de Newton

São bem conhecidas as dificuldades de compreensão da 3.^a lei de Newton [8]. No trabalho que agora se apresenta verificou-se que ela é tão contraintuitiva, que mesmo os alunos que mostram ter percebido corretamente outros conceitos base cinemáticos e dinâmicos erram a sua aplicação.

Uma reflexão sobre este facto poderá apontar para as dificuldades de aprendizagem da Física devidas a linguagem mal-usada e/ou mal compreendida [20]. Na 3.^a lei de Newton, usam-se as palavras ação e reação para duas ações simultâneas, sabendo que é fisicamente impossível distinguir qual delas é a ação e qual é a reação. Porquê usar duas palavras diferentes para entidades indistinguíveis? Os físicos sabem isso e não lhes causa qualquer problema esta designação. Mas, no dia-a-dia uma ação precede sempre uma reação. Esta interpretação intuitiva pode ser a causa de os alunos errarem as aplicações da 3.^a lei. Um dos erros passa por atribuírem uma intensidade maior à força exercida pelo corpo que acham que “atuou primeiro” ou “ao que vem com maior velocidade” [9], focando-se “no corpo que exerceu a ação”. Por outro lado, a palavra “reação” pode fixá-los nos efeitos “após” a interação, fazendo-os atribuir um valor mais elevado à força exercida pelo corpo que ficou menos danificado devido ao efeito do choque, quase sempre o corpo com maior massa [9].

No sentido de melhorar as aprendizagens propõe-se que se evitem as designações ação e reação para as duas forças simultâneas envolvidas numa interação. A 3.^a lei pode ser designada “lei da igualdade das duas ações simultâneas presentes numa interação”, com o seguinte enunciado: “Numa interação entre dois corpos, cada um deles exerce uma força sobre o outro; as duas forças exercidas em simultâneo, uma sobre cada um dos corpos, têm grandezas iguais e sentidos opostos”. É uma lei ou princípio universal da mecânica newtoniana. Acredita-se que esta abordagem focará os alunos na simetria da interação e não na sua origem ou nos seus efeitos.

Conclusão

Neste trabalho mostrou-se que os alunos do 9.^o ano que responderam ao pré-teste eram detentores em elevado grau das preconcepções incorretas bem conhecidas sobre os conteúdos fundamentais da mecânica. Viuse através dos resultados obtidos pelo grupo controlo pós, que o ensino tradicionalmente praticado em sala de aula não corrigiu as preconcepções incorretas que são normalmente detetadas nos pré-testes, não tendo assim aproximado os modelos mentais dos alunos dos modelos científicos que se pretende que aprendam. Verificou-se que foi possível desenvolver um tratamento pedagógico centrado na participação ativa dos alunos que corrigiu de modo muito eficaz muitas das preconcepções incorretas iniciais.

Para melhorar a aprendizagem da 3.^a lei de Newton faz-se uma proposta de futuras abordagens desta lei pondo em evidência a simetria das interações físicas. No entanto, defende-se que apenas poderá haver aprendizagens significativas se as estratégias pedagógicas utilizadas se centrarem no aluno como principal interveniente nas suas próprias aprendizagens.

Referências

- [1] Relatório do Ministério da Educação, República Portuguesa, Perfil dos alunos para o Século XXI, https://dge.mec.pt/sites/default/files/Noticias_Imagens/perfil_do_aluno.pdf (2017).
- [2] OECD Report, The future of education and skills, Education 2030, <http://www.oecd.org/education/2030/oecd-education-2030-position-paper.pdf> (2018).
- [3] M.J. de Almeida, “As diferentes teorias de aprendizagem e o ensino da física”, *Gazeta de Física*, 40(3/4), 50-54 (2017).
- [4] J. Piaget, “*Seis estudos de Psicologia*”, Publicações Dom Quixote, Lisboa (2000).
- [5] L.S. Vygotsky, “*A construção do Pensamento e da Linguagem*”, Livraria Martins Fontes, São Paulo (2001).
- [6] I.M. Greca and M.A. Moreira, “Mental models, conceptual models and modelling”, *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11 (2000).
- [7] Metas Curriculares do 3.^o ciclo do Ensino Básico, Ciências Físico-Químicas, https://www.spf.pt/files/files/outros/Nova%20DE/eb_cfq_metas_curriculares_3c_0.pdf (2013).
- [8] M.J. de Almeida, D. Martins, M. Sá, A. Pires and J. Tremeço, “Promoting physics teaching through student centered activities” *Research and Innovation in Physics Education: two sides of the same coin*, GIREP-MPTL 2018 International Conference, San Sebastian, Spain (2018).
- [9] L. Bao, K. Hogg and D. Zollman, “Model analysis of fine structures of student models: An example with Newton’s third law”, *American Journal of Physics*, 70(7), 766-778 (2002).
- [10] L.C. McDermott and E.F. Redish, “Resource Letter: PER-1: Physics Education Research” *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767 (1999).

- [11] R.R. Hake, "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", *American Journal of Physics*, **66**, 64-74 (1998).
- [12] J.L. Docktor and J.P. Mestre, "Synthesis of discipline-based education research in physics", *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, **10**, 020119, 1-58 (2014).
- [13] J.R. Fraenkel, N.E. Wallen and H.H. Hyun, "How to Design and Evaluate Research in Education", McGraw-Hill International Edition, New York (2012).
- [14] E. Mazur, "Peer Instruction: a User's Manual", Prentice-Hall Series in Educational Innovation, New Jersey (1997).
- [15] D. Hestenes, M. Wells and G. Swackhamer, "Force Concept Inventory", *Physics Teacher* **30**(3), 141-158 (1992).
- [16] A. Madsen, S.B. McKagan and E.C. Sayre, "Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap?", *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* **9**, 020121 (2013).
- [17] D. Dervic, D.S. Glamocic, A.G. Busuladzic and V. Mesic, "Teaching Physics with Simulations: Teacher-Centered versus Student-Centered Approaches", *Journal of Baltic Science Education*, **17**(2), 288-299 (2018).
- [18] A.J. Silva, C. Simões, F. Resende e M. Ribeiro, "Zoom 9 - Física-Química - 9º ano", Areal Editores, S.A. (2018).
- [19] Marta V. Sá, 4º Encontro de Segurança Rodoviária, Escola Superior de Educação, Viseu (2018).
- [20] M.J. de Almeida, "Preparação de professores de Física: uma contribuição científico-pedagógica e didática", Editora Almedina, Coimbra (2004).



Maria José B.M. de Almeida, é Professora Catedrática Jubilada do Departamento de Física da FCTUC. Doutorada em Física pela Universidade de Cambridge, foi docente de Didática da Física e orientadora de Estágios Pedagógicos e de Projetos de Investigação Educacional. Desenvolve investigação em Ensino da Física (PER), tendo orientado Teses de Doutoramento. Coordenou/colaborou em vários Projetos de Investigação sobre o Ensino da Física, nacionais e europeus.



Marta Cristina S. Vasconcelos e Sá, é Professora dos Ensinos Básico e Secundário no Agrupamento de Escolas de Pombal e doutorada em Física, ramo de História e Ensino da Física, na Universidade de Coimbra. Dedicou-se à formação de professores de Física e Química dos ensinos Básico e Secundário, tendo sido orientadora cooperante de estágios pedagógicos. Colaborou como investigadora no projeto FSE/CED/83453.2008, financiado pela FCT e desenvolveu trabalho apoiado pela mesma fundação. Participou, a convite, em projetos promovidos pelo Ministério da Educação. Ao longo dos anos, tem vindo a colaborar com o CFisUC. É autora de artigos de investigação sobre o ensino da Física.