

FORMAÇÃO INICIAL E CONTÍNUA DE PROFESSORES DE FÍSICA: O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DOS CONTEÚDOS E OS PROCESSOS DE SALA DE AULA

MARIA JOSÉ BM DE ALMEIDA*

CFisUC, Departamento de Física,

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC)

Resumo

O trabalho que se apresenta foi desenvolvido com base nos conteúdos de intervenções na VI Escola de Física, Roberto Salmeron, Universidade de Brasília, agosto de 2017. Analisam-se as características das formações inicial e contínua dos professores de Física, adequadas às necessidades do início do século XXI fortemente marcado pelos resultados de investigações educacionais. No final, como exemplo de prática de sala de aula para a adequação dos modelos mentais de alunos aos modelos científicos, explora-se uma analogia para os primeiros contactos com o estudo dos circuitos elétricos simples.

Palavras-chave: formação contínua de professores, formação inicial de professores, processos de sala de aula.

*E-mail: ze@fis.uc.pt

Abstract

This work was developed based on the interventions contents in the VI Physics School Roberto Salmeron, held at the University of Brasilia on august 2017. We analyze the characteristics of the initial and continuous formation of Physics teachers adequate to the needs of the beginning of the XXI Century, which is strongly influenced by the results of educational research. At the end, as an example of classroom practice for fitting students mental models to scientific models, we explore an analogy to workout the first contact of the students with the study of simple electric circuits.

Keywords: continuous formation of teachers, initial formation of teachers, classroom processes.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos da formação de professores dos Ensinos Básico (3o. ciclo) e Secundário nos dias de hoje virão a refletir-se na educação dos cidadãos do país após cerca de dez anos. Nesta perspectiva, qual o “pacote” de conhecimentos que devem ser a “bagagem inicial” de um professor que vai ensinar Física a alunos dos níveis Básico e Secundário? E porquê este “pacote”? Usamos a frase “bagagem inicial” porque, atendendo à rápida evolução da realidade nos nossos dias do início do século XXI, temos de aceitar que os conhecimentos e as competências iniciais dos professores devem continuar a ser desenvolvidos, acrescentados ou mesmo corrigidos, durante o exercício das atividades letivas em sala de aula. Lembremos que, em situações normais, um professor com graduação inicial terminada hoje, continuará a dar aulas nas escolas durante mais de quarenta anos. A formação contínua dos professores em exercício deverá ser obrigatória, gratuita, inserida nos seus horários de trabalho e organizada com base nos resultados da investigação educacional.

Nestes tempos de transição entre dezenas de anos de uma forte influência behaviorista na formação dos professores que durou quase até ao fim do século XX, e a sua substituição relativamente recente - recomendada por resultados de investigação educacional e de investigação neurofisiológica - por uma filosofia construtivista e fortemente cognitivista para as aprendizagens, mais se justifica a necessidade de uma adequada formação dos professores em exercício. As atividades dialógicas têm de ser fomentadas em sala de aula, como um efeito de espelho refletindo as características do desenvolvimento da ciência pelos investigadores e substituindo uma boa parte do tempo antes dedicado à exposição de conteúdos para os alunos decorarem. Assim, a linguagem e o seu significado têm de merecer uma atenção muito especial da parte de todos os professores, principalmente dos que ensinam a Física.

Usando uma analogia que fomenta a atribuição de significado correto aos conceitos científicos, possibilitando o raciocínio com base nas perceções conseguidas e o desenvolvimento de compreensões aprofundadas, faz-se uma abordagem ao comportamento dos circuitos elétricos simples que permite prever consequências de alterações das suas componentes. Os alunos deverão depois verificar experimentalmente as suas previsões, discutindo os resultados obtidos.

2 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DOS ENSINOS BÁSICO E SECUNDÁRIO (EBS)

Resultados da investigação educacional (SHULMAN, 1987; ALMEIDA, 2004, 2017; ALMEIDA; MARTINS, 2017) indicam que se deve educar o futuro professor de Física para:

- Saber os conteúdos científicos que vai ensinar, sendo capaz de interrelacionar conceitos e de justificar causas e consequências do comportamento da natureza, promovendo o seu entendimento por aprendizes com diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo;
- Ter consciência do que é a Física, qual o seu valor como ciência, porque se justifica que seja ensinada nas escolas e como se desenvolveu e desenvolve;
- Conhecer as teorias de aprendizagem e os diferentes modos de ensinar e de avaliar aprendizagens; conhecer as características gerais dos adolescentes com que irá trabalhar; saber como se devem organizar as atividades numa sala de aula;
- Saber como avaliar o ensino que pratica e a qualidade das aprendizagens que consegue promover nos alunos, numa perspectiva de reflexão sobre a eficácia das suas ações pedagógicas;
- Desenvolver nos alunos a consciência da escola e da turma como comunidades de aprendizagem, dando a conhecer os “papéis do professor” e os “papéis dos alunos” e as suas necessárias interligações e responsabilidades; perceber os “papéis” dos encarregados de educação, das escolas e do meio envolvente.
- Ser reflexivo, um “investigador em ação”.

Ensinar é uma atividade experimental, e, como todas, deve ser baseada em conhecimentos teóricos e experimentais anteriores: a sala de aula pode ser considerada um laboratório, no âmbito do qual os docentes desenvolvem as suas experiências de ensino. Mas neste laboratório “trabalha-se” com seres humanos: é necessário ter sempre presentes e praticar valores relacionados com a ética, com o respeito pelos outros, nomeadamente pelos jovens, bem como por povos e culturas diferentes.

O professor de Física deverá ter uma boa compreensão sobre o que é a Física e sobre o modo como, das experiências e dos pensamentos dos investigadores, surgem os conceitos científicos e a sua interligação em modelos conceptuais; deve ser capaz de explicar que, após a “negociação de saberes” entre pares, algumas destas teorias vêm a dar origem aos modelos científicos aceites por toda a comunidade (ALMEIDA, 2017; BRICKHOUSE, 1990; TSAI, 2002). O professor deve aperceber-se do papel fundamental da linguagem – do dia-a-dia, científica e matemática – em todo este processo de comunicação e compreensão de ideias da Física (ALMEIDA, 2004).

Para ensinar nas escolas é também necessário conhecer as principais teorias de aprendizagem, sabendo as diferenças e semelhanças entre behaviorismo, cognitivismo e construtivismo (ALMEIDA, 2017; PHILLIPS; SOLTIS, 2009). Um professor deve compreender porque não há apenas um modelo de aprendizagem,

percebendo significativamente qual(quais) daquelas teorias se aplica(m) melhor à aprendizagem das ciências (PHILLIPS; SOLTIS, 2009).

Até finais do século XX (1980s) o modelo de aprendizagem dominante nos cursos de formação de professores foi o behaviorismo. Recentemente, o desenvolvimento da investigação educacional sobre a aprendizagem dos seres humanos aponta para o construtivismo (social) associado ao cognitivismo. Esta perspectiva é agora considerada como fundamental para o ensino e aprendizagem significativa da Física (TSAI, 2002; HOLT-REYNOLDS, 2000; HANEY; MCARTHUR, 2002). Quem pretende ensinar Física nas escolas tem de compreender a noção de “modelos mentais” que vão sendo construídos por cada indivíduo durante a sua vida, em função das aprendizagens anteriores, formais e informais, provocadas pelo contacto com o meio ambiente (PIAGET, 2000; VYGOTSKY, 2001; AUSUBEL, 1968; GRECA; MOREIRA, 2000; JUSTI; GILBERT, 2002); o professor deve conscientizar-se da necessidade de ensinar explicitamente aos alunos como se aprende Física, necessariamente através de processamento conceptual de cada um, o que implica que os alunos têm de estar ativos e motivados durante todas as atividades letivas; os alunos devem dialogar sobre o que vão compreendendo, expondo as suas ideias, argumentando, colocando questões e explicitando as dificuldades de interpretação que vão surgindo à medida que as aulas prosseguem (NEWTON; DRIVER; OSBORNE, 1999; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Na realidade, os alunos são os principais atores das suas próprias aprendizagens (ALMEIDA, 2017; ALMEIDA; MARTINS, 2017; JUSTI; GILBERT, 2002; NEWTON; DRIVER; OSBORNE, 1999; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; COLL; FRANCE; TAYLOR, 2005).

Um professor de Física deve ser capaz de “transformar” os modelos científicos da Física em “modelos de ensino” (ALMEIDA, 2017; HOLT-REYNOLDS, 2000; GRECA; MOREIRA, 2000; JUSTI; GILBERT, 2002) aplicados a situações do dia-a-dia, que possam ser processados por alunos em diferentes níveis letivos e com diferentes capacidades cognitivas, contribuindo para a expansão e/ou correção dos modelos mentais dos alunos.

Para o professor é fundamental ter uma noção dos diferentes modos de ensinar – ensino direto, diálogos e discussões, experiências comentadas e pesquisas mais e menos orientadas – e das possíveis e adequadas opções de trabalho individual, trabalhos de grupo ou ensino para toda a turma (SKINNER, 2010). É muito importante criar o meio ambiente adequado à prática de cada um destes modos de ensino e de aprendizagem. Professores e alunos devem ter consciência do que se lhes pode e deve exigir, para que a prática de cada um dos diferentes modos de ensino seja eficaz em termos das aprendizagens que se desejam potenciar nos discentes.

O professor deve desenvolver as suas capacidades para produzir evidências que convençam os alunos da existência dos “modelos mentais” próprios de cada um sobre o comportamento da natureza, mostrando-lhes que são diferentes uns dos outros, podendo induzir em erro quando pensamos em acontecimentos do dia-a-dia (ALMEIDA; MARTINS, 2017); assim, tal como acontece com muitas ideias dos cientistas, os modelos mentais que todos temos antes da aprendizagem científica (MCDERMOTT; REDISH, 1999; DOCKTOR; MESTRE, 2014) – as preconcepções, em geral incorretas – devem ser verbalizados, discutidos, melhorados ou substituídos nas escolas (ALMEIDA, 2017), dando lugar à aprendizagem correta da Física. Os professores devem aprender e praticar estratégias para tentar corrigir este efeito desde os primeiros contactos dos jovens alunos com a Física.

Toda a comunidade de aprendizagem deve ter a noção da importância da “linguagem” em qualquer processo de ensino e em especial na aprendizagem da Física (ALMEIDA, 2004; ALMEIDA; MARTINS, 2017;

NEWTON; DRIVER; OSBORNE, 1999). É fundamental ter consciência das dificuldades criadas pelo facto de no discurso da Física se usarem palavras familiares no dia-a-dia, mas com significados científicos – aqueles em que os professores pensam e que exigem dos alunos – muito diferentes dos significados que os alunos lhes atribuem no quotidiano.

Os professores devem perceber como é difícil para os alunos interiorizar a “linguagem matemática” utilizada na Física (variáveis, quocientes, relações proporcionais, vetores, tabelas, gráficos, linhas retas e linhas curvas, declives. . .). É fundamental que os docentes sejam capazes de criar oportunidades faseadas e repetidas para os alunos se habituarem a lidar com estes conteúdos, ultrapassando obstáculos que, a persistir, os impedirão de compreender relações fundamentais entre conceitos base da Física (ALMEIDA, 2004).

Na sequência das atividades de ensino, deve sempre promover-se a avaliação de compreensões num ambiente amigável, desenvolvendo no aluno uma atitude de aceitação da necessidade de ser avaliado para melhorar a qualidade das suas aprendizagens. Nesta perspetiva, deve ser potenciada a metacognição fomentada por avaliações formativas com *feedback* adequado para cada aluno, compreendendo-as o próprio professor como apontando para eventuais necessidades de alterações ou de complementos das suas atividades letivas. Obviamente, o professor nunca poderá esquecer que também deve preparar os alunos para avaliações somativas, tantas vezes determinantes da qualidade de vida a que o aluno poderá aceder quando adulto.

Finalmente, é conveniente que os professores estejam conscientes do facto de a aprendizagem da Física nos primeiros níveis ainda gerais, ser fundamental não só para os alunos que vão seguir cursos CTEM (científicos, tecnológicos, de engenharia e de matemática), mas também para os que, a partir do 9º ano de escolaridade, não vão ter mais qualquer complemento de aprendizagem formal da Física. Devem motivar-se muitos jovens para seguir cursos com conteúdos de Física – nos quais estarão os futuros quadros científicos e tecnológicos do país – mas também para os outros é importante esta aprendizagem. Ficam com conhecimentos para a vida do dia-a-dia (andar a pé, de bicicleta, de automóvel, de avião, proteger-se melhor do frio e do Sol, nadar. . .) e estarão mais preparados para exercer os seus futuros deveres de cidadania, ao pronunciarem-se sobre questões sociais relacionadas com o desenvolvimento tecnológico.

3 A FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES

Numa sociedade em rápida evolução tecnológica, a formação contínua dos professores de Física é um complemento de formação necessário para preencher as lacunas sentidas pelos docentes durante o desenrolar das suas atividades nas escolas. Esta formação contínua, que deve ser gratuita, obrigatória e prevista nos horários profissionais dos docentes, será baseada em resultados de investigação educacional ou em solicitações dos próprios professores (WEI et al., 2009; GREANY; BROWN, 2015). É mais útil se for efetuada numa perspetiva de formação em ação alongada no tempo (ao longo de um ano letivo), pressupondo orientação, observação, discussão e análise conjunta de atividades desenvolvidas pelos próprios docentes com os seus alunos (ALMEIDA, 2013).

Numa perspetiva de continuação da colaboração Escola-Universidade que se inicia e sedimenta durante

os Estágios Pedagógicos, a formação contínua dos jovens professores poderia iniciar-se no período probatório, incluindo colaborações com os mentores e outros docentes das escolas de colocação dos professores noviços (SÁ; ALMEIDA, 2016). Pode focar-se em conteúdos científicos, científico-pedagógicos ou educacionais. Pode ser organizada através de equipas mistas das Universidades e das Escolas, envolvidas em atividades de investigação em ação, e funcionar como métodos de replicação das conclusões de eventuais estudos piloto para a melhoria da qualidade do ensino nos EBS (SALVADOR, 2017).

Outra possibilidade de formação contínua menos formal poderia passar pela criação de grupos de discussão sobre dificuldades e soluções específicas encontradas pelos professores nas práticas de ensino da Física, que poderiam solicitar a colaboração das universidades com formação inicial de professores.

4 UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO: OS PRIMEIROS CONTAC-TOS COM OS CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

Como ensinar aos alunos os modelos científicos da Física? Parte-se do princípio que os professores os conhecem e já os compreenderam profundamente, bem como muitas das suas aplicações em situações simples que podem ser exploradas nos níveis mais básicos de aprendizagem da Física.

Os professores devem promover a “inculturação” dos seus estudantes, pondo-os “em contacto” com o conhecimento atual da sociedade. Os alunos devem compreender esse conhecimento, sendo capazes de o usar nas salas de aula e potenciando a sua transferência para a vida adulta numa sociedade com forte influência da ciência e da tecnologia.

Para explicar os modelos da Física o professor tem de falar sobre eles com os alunos e tem de ouvir os alunos falarem sobre as suas compreensões. Não se pode esperar que os alunos “adivinhem” os modelos científicos, mesmo que observem algumas experiências cuidadosamente preparadas. Os modelos científicos envolvem conceitos abstratos que não são intuitivos. Os alunos muitas vezes “veem” nas experiências resultados que não existem. Mesmo no domínio da Mecânica, no qual a visualização da sequência dos acontecimentos é mais óbvia, há muitas preconcepções incorretas. É até um dos domínios da Física em que existem mais interpretações incorretas de muitos fenómenos físicos do dia-a-dia (MCDERMOTT; REDISH, 1999).

Para poderem “negociar compreensões” em sala de aula, os professores devem iniciar seu ensino pela explicação dos conceitos da Física envolvidos nas leis que querem ensinar. A linguagem é o meio preferencial de entendimento entre os seres humanos, mas para que dois ou mais interlocutores comuniquem é necessário que todos atribuam os mesmos significados às palavras que uns dizem e outros ouvem.

Suponhamos que o professor tem de ensinar pela primeira vez o tema “Circuitos elétricos simples” (em Portugal, no 9º ano de escolaridade, com alunos com 14 a 15 anos). Como explicar neste nível o conceito de diferença de potencial? E de força eletromotriz? E de intensidade de corrente que se mantém exatamente igual em todos os pontos de um circuito simples e que se anula instantaneamente em todo o circuito quando se abre um interruptor? E de energia potencial elétrica que se vai dissipando nalguns componentes, diminuindo ao longo do circuito? E de resistência que, podendo ser mais elevada numas partes do circuito e menor noutras, coexiste com o facto de a intensidade de corrente ter o mesmo valor

em qualquer ponto do circuito simples?

Como exemplo para facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos no funcionamento dos circuitos elétricos usa-se uma analogia que se baseia no modelo de Drude para o comportamento dos elétrons livres nos metais (ALMEIDA; SALVADOR; COSTA, 2014). Através dela apresentam-se discursos com o mesmo significado para professores e alunos, encorajando os discentes a desenvolver um modelo mental com “alicerces” cientificamente corretos que lhes permite mais tarde vir a compreender de modo significativo (AUSUBEL, 1968) o comportamento mais geral dos circuitos elétricos.

Uma analogia em Física é sempre uma relação entre as características e comportamentos de um sistema físico “impenetrável”, caracterizado através de conceitos abstratos e difíceis de visualizar – o sistema alvo – e os de um outro sistema simples e familiar, que é perfeitamente compreensível pelos alunos – o sistema base. Para funcionar adequadamente, as correspondências entre os dois sistemas e entre as consequências das alterações dos seus componentes deve ser clara e óbvia para os discentes, sendo repetidamente praticadas por professor e alunos. As analogias são ferramentas pedagógicas que podem provocar alterações dos modelos conceptuais dos estudantes (COLL; FRANCE; TAYLOR, 2005), tendo sido esse o resultado da utilização desta analogia não só num estudo piloto (ALMEIDA; SALVADOR; COSTA, 2014) como na sua replicação com diversas escolas, alunos e professores (SALVADOR, 2017).

Na analogia proposta (ALMEIDA; SALVADOR; COSTA, 2014), o sistema base é um pátio de uma escola, com a configuração da Figura 1, com um lago no meio e diversas árvores no caminho que o rodeia. As crianças (não representadas na figura) estão no recreio e movem-se nele perfeitamente ao acaso. Não há qualquer razão para aglomerações e a distribuição média das crianças no pátio não varia com o tempo: é uniforme e homogênea. Como num jogo, há uma “regra” a que as crianças têm de obedecer quando se movimentam no pátio – não são possíveis aglomerações; portanto se algumas crianças se aproximam do lago, outras tantas têm de se afastar para, em termos médios, “preencher” os lugares deixados vagos. Fotografias tiradas por um drone sobre o pátio mostram sempre a mesma distribuição de crianças, embora as mesmas crianças não estejam sempre no mesmo lugar. Há movimentos ao acaso das crianças, mas não há movimento orientado do conjunto.

- A situação descrita é análoga a um circuito elétrico simples, fechado, sem gerador.

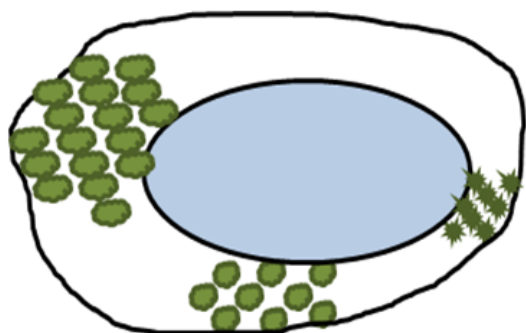


Figura 1: Pátio de uma escola, com um lago no meio.

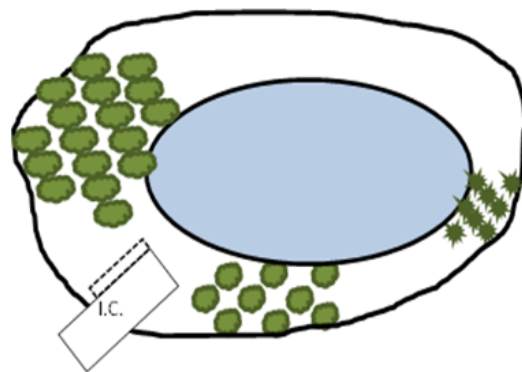


Figura 2: Um carro de gelados, I.C., estaciona no pátio.

Subitamente, chega um carrinho de gelados a tocar uma campainha, um sinal sonoro que todos identificam em simultâneo. Há vários fatores que são do conhecimento das crianças: sabem como esse carro se vai colocar no pátio, que vão ser distribuídos gelados e que, para receber os gelados, se devem aproximar por um dos lados do carro, identificado pelo toldo na Figura 2. Tendo em atenção que não se podem acumular – regra do jogo – as crianças começam a mover-se em torno do lago, seguindo o sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (depende do modo como o carro se coloca no pátio). No seu movimento vão passando sucessivamente por espaços vazios e por espaços com árvores.

Quando cada criança passa pelo carro dos gelados recebe um gelado; a multidão continua o seu movimento orientado em torno do lago e numa passagem posterior cada aluno recebe mais um gelado. Há dificuldades no caminho: as crianças tropeçam e chocam com as árvores, o que retarda o seu progresso. Não significa que todas se movam com velocidades de igual módulo: umas podem andar mais depressa para a frente, se outras, antes à frente, se deixarem ficar para trás; no entanto, para obedecerem à regra do jogo, tem de se manter a mesma distribuição média de alunos pelo pátio. Como não se podem acumular, qualquer dificuldade no percurso atrasa o movimento de todas: a velocidade média do movimento das crianças é a mesma para todas as crianças – caso contrário, haveria acumulações, o que o jogo não permite. Assim, devido ao aparecimento do carro de gelados e à regra do jogo, há agora um movimento orientado de crianças, mantendo-se a mesma velocidade média ao longo de todo o percurso. Se imaginarmos um traço no chão feito na perpendicular à direção do movimento orientado, unindo a borda do lago ao muro exterior do pátio, o número de crianças que por unidade de tempo cruza essa linha no sentido do movimento, é constante – podemos dizer que, em torno do pátio, há uma “corrente” de crianças, com intensidade constante, com o mesmo valor em cada ponto do percurso. Esta intensidade depende da atração exercida pelos gelados oferecidos e das dificuldades apresentadas aos movimentos das crianças pela configuração do caminho em torno do lago – das suas dimensões (mais ou menos largo, mais ou menos comprido) e do tipo e distribuição de árvores. Compreende-se que a dificuldade, ou resistência, é maior se o percurso for mais comprido, é menor se for mais largo e depende da distribuição e do tipo das árvores.

- Esta é uma situação análoga à de um circuito elétrico simples, fechado, com um gerador. Entre os polos do gerador há uma diferença de potencial que provoca o movimento orientado dos eletrões livres no circuito.

Na presença do carro de gelados, se houver um fosso no pátio a impedir a passagem das crianças (Figura 3), cessa o movimento orientado – caso contrário, haveria acumulação de alunos.

- O análogo desta situação é um circuito aberto, embora com gerador.

Se sobre o fosso se colocar uma ponte estreita (Figura 4), já é possível passar, mas a ponte é uma parte de percurso de elevada resistência. O movimento das crianças é difícil e a sua velocidade orientada é menor que na situação representada na Figura 2. Se houver duas pontes estreitas uma a seguir à outra ou em série (Figura 5), a dificuldade é ainda maior e a intensidade do movimento

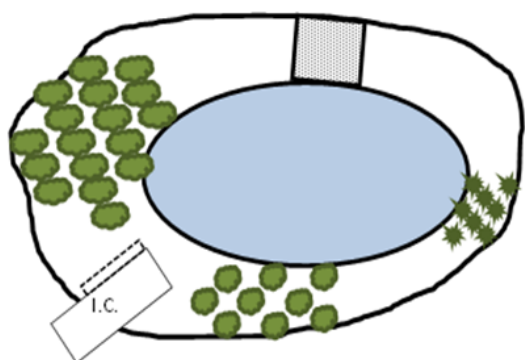


Figura 3: Há um fosso no pátio.

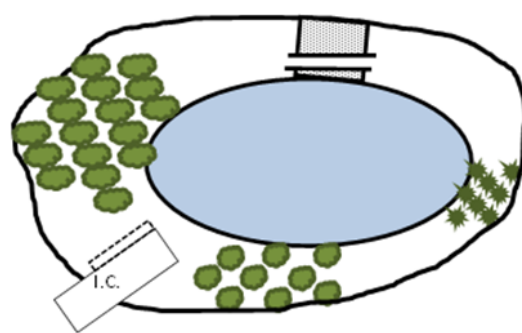


Figura 4: Coloca-se uma ponte estreita sobre o fosso.

diminui ainda mais. Se houver duas pontes estreitas em paralelo como na Figura 6, o movimento já é mais fácil que nas situações da Figura 4 e da Figura 5.

- Os análogos destas situações são as associações de resistências em série e paralelo.

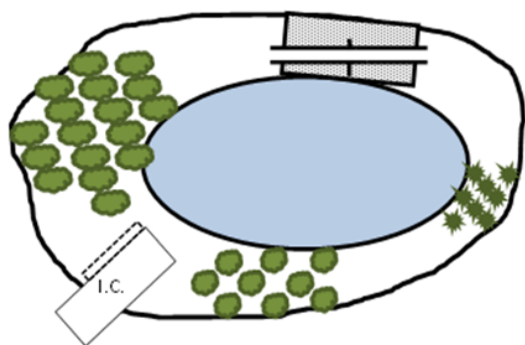


Figura 5: Há uma *seqüência* de duas pontes estreitas sobre o fosso.

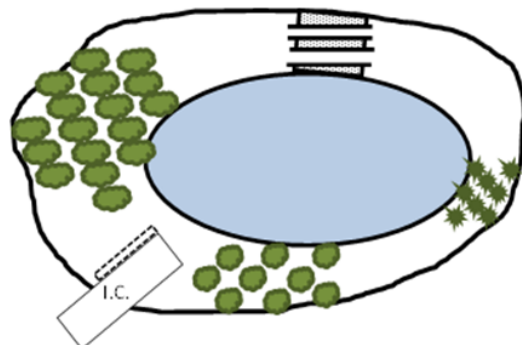


Figura 6: Colocam-se duas pontes estreitas *em paralelo* sobre o fosso.

5 COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA BASE E O SISTEMA ALVO

Para suporte à utilização desta analogia, a Tabela 1 contém uma comparação detalhada entre as características do sistema base e as do sistema alvo, das quais o professor apenas deverá usar as que correspondem ao nível de aprendizagem dos alunos em causa. A compreensão da analogia deve ser sedimentada com a análise de esquemas de vários circuitos, perante os quais os alunos (em grupo) devem prever e discutir as consequências da introdução de alterações concretas. As previsões devem ser experimentalmente verificadas através da montagem dos circuitos e da medição dos valores de correntes em diversos locais e de diferenças de potencial entre diversos pontos do circuito.

Tabela 1: Correspondências entre o sistema base e o sistema alvo.

Sistema base Crianças no pátio da escola, num recreio	Sistema alvo Circuitos elétricos simples, modelo de Drude
As crianças no pátio, num intervalo das aulas.	Os elétrons livres nos metais.
Percurso fechado em torno do lago.	Circuito elétrico fechado.
Regra: não pode haver acúmulo de crianças.	Densidade de carga uniforme no “mar” de elétrons dos metais.
Movimentos ao acaso das crianças no pátio e por entre as árvores.	Movimentos térmicos ao acaso, dos elétrons livres nos metais, por entre os íons da rede.
A presença de carro de gelados no pátio, provoca movimento orientado das crianças.	O gerador inserido num circuito fechado provoca o movimento orientado dos elétrons livres.
Há assimetria no carro de gelados.	O gerador tem dois polos diferentes.
Corrente de crianças, devida ao seu movimento orientado.	Corrente elétrica devida ao movimento orientado dos elétrons livres.
Intensidade da “corrente de crianças” devida à presença do carro de gelados.	Intensidade da corrente elétrica devida à introdução do gerador no circuito fechado.
Os alunos ouvem, em simultâneo, a chegada do carro de gelados (velocidade do som).	Os elétrons sentem, em simultâneo, a presença do gerador (velocidade do campo eletromagnético).
Grupos de árvores no pátio, tornando o movimento orientado das crianças mais difícil.	Íons dos metais dificultam o movimento orientado dos elétrons livres – resistências no circuito.
Zonas mais longas com árvores, zonas mais largas e diferentes tipos de árvores.	Resistências dos fios metálicos: $R = \rho \ell / S$.
Pedaços de percurso sem árvores.	Fios de ligação nos circuitos, dos quais se despreza a resistência.
O carro de gelados também dificulta um pouco o caminho das crianças.	Resistência interna do gerador.
O tipo de ofertas do carro de gelados pode tornar o movimento (global) mais rápido.	A força eletromotriz do gerador influencia o valor da intensidade de corrente: $\varepsilon = RI$.
Os gelados dados às crianças fornecem-lhes energia que elas vão perder ao longo de uma volta ao pátio.	Os elétrons recebem energia do gerador que vão perder ao passar nas diferentes componentes do circuito.
O homem dos gelados também pode oferecer chocolates ou bolos, o que pode tornar o movimento orientado mais rápido.	Podem associar-se dois ou mais geradores. A corrente originada será mais intensa.
Os gelados podem acabar no carro de gelados.	Os geradores podem “descarregar”.

Para os alunos poderem compreender melhor a analogia, devem ter aprendido previamente a noção de átomo, bem como de ligações metálicas, com íons positivos distribuídos numa rede cristalina mais ou

menos ordenada e fixa, envolvida por um “mar” de elétrons livres com grande mobilidade. Em qualquer pedaço de um metal, os elétrons livres têm movimentos térmicos (ao acaso) por entre os íons da rede.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conhecimentos epistemológicos – sobre a origem e o desenvolvimento dos modelos científicos da Física – apontam para a necessidade de criar frequentemente nas salas de aula atividades dialógicas, durante as quais os alunos ouçam, apresentem, justifiquem, perguntem, respondam e comentem as suas compreensões – os seus modelos mentais e as representações dos modelos mentais dos colegas e do professor. Os diálogos entre interlocutores, por vezes ilustrados com representações experimentais ou esquemáticas, são as atividades que melhor envolvem o ensinar de uns e o aprender dos outros, em simultâneo. Mas para que na sala de aula de Física se consiga desenvolver um ensino dialógico que alcance os objetivos de ensinar e de aprender é preciso que, em simultâneo:

- os professores estejam preparados científica e pedagogicamente para compreender as respostas e as dúvidas dos alunos, sendo capazes de encontrar caminhos diversos para os conduzir a todos até à mais correta compreensão dos modelos científicos que lhes é possível. Na realidade, quando os professores se sentem inseguros dos seus conhecimentos têm receio de desenvolver atividades experimentais e de se disponibilizar abertamente para coordenar atividades dialógicas, durante as quais terão de esclarecer dúvidas e de responder a questões dos alunos, numa perspetiva construtivista de avaliação formativa;
- os alunos estejam explicitamente orientados para uma atitude de principais atores das suas próprias aprendizagens. Devem dispor-se a participar nas aulas de Física verdadeiramente conscientes de estarem a construir, a alterar ou a completar modelos mentais, que são os fundamentos da sua própria personalidade. E isto é válido seja em termos de conhecimentos base de Física adquiridos para serem continuados em formações superiores, seja em termos de atitudes perante a vida de futuros cidadãos de um mundo em constante evolução tecnológica.

Referências

ALMEIDA, M. J. Otimização do ensino das ciências experimentais. In: VELOSO, L.; ABRANTES, P. (Ed.). *Sucesso Escolar: da compreensão do fenómeno às estratégias para o alcançar*. [S.l.]: Editora Mundos Sociais, CIES, ISCTE-IUL, 2013. ISBN 978-989-8536-28-0.

ALMEIDA, M. J. d. *Preparação de professores de Física- uma contribuição científico-pedagógica e didática*. Coimbra: Livraria Almedina, 2004.

ALMEIDA, M. J. d. As diferentes teorias de aprendizagem e o ensino da física. *Gazeta de Física*, v. 40, p. 50, 2017.

ALMEIDA, M. J. d.; MARTINS, D. O ensino da física: a formação de professores e as práticas de sala de aula. In: *Docência e Pesquisa em Física e Astronomia (e-book Org. A. Shigunov Neto, A. Coelho da Silva e I. Fortunato. [S.l.: s.n.], 2017. ISBN 978-85-923511-5-1.*

ALMEIDA, M. J. d.; SALVADOR, A.; COSTA, M. M. Analogy for drude's free electron model to promote students' understanding of electric circuits in lower secondary school. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v. 10, n. 1, p. 020118, 2014.

AUSUBEL, D. P. *Education Psychology: A Cognitive View*. New York and Toronto: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BRICKHOUSE, N. W. Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, v. 41, p. 53, 1990.

COLL, R. K.; FRANCE, B.; TAYLOR, I. The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, v. 27, p. 183, 2005.

DOCKTOR, J. L.; MESTRE, J. P. Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v. 10, p. 020119, 2014.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, p. 287, 2000.

GREANY, T.; BROWN, C. *Partnerships between teaching schools and universities: research report*. [S.l.]: UCL Institute of Education, 2015.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models and modelling. *International Journal of Science Education*, v. 22, p. 1, 2000.

HANEY, J. J.; MCARTHUR, J. Four case studies of prospective science teachers' beliefs concerning constructivist teaching practices. *Science Education*, v. 86, p. 783, 2002.

HOLT-REYNOLDS, D. What does the teacher do? constructivist pedagogies and prospective teachers' beliefs about the role of a teacher. *Teaching and Teacher Education*, v. 16, p. 21, 2000.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, v. 24, p. 1273, 2002.

MCDERMOTT, L. C.; REDISH, E. F. Resource letter: Per-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, v. 67, p. 755, 1999.

NEWTON, P.; DRIVER, R.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, v. 21, p. 553, 1999.

PHILLIPS, D. C.; SOLTIS, J. F. *Perspectives on Learning*. New York: Teachers College Press, 2009. ISBN 978-0-8077-4983-8.

PIAGET, J. *Seis Estudos de Psicologia*. Lisboa: Publicações D. Quixote, Lda, 2000.

SALVADOR, A. *O Ensino e a Aprendizagem dos Circuitos Elétricos: utilização de Analogias e da Resolução de Problemas*. Tese (Doutoramento em Ensino das Ciências) — Universidade de Coimbra, 2017.

SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, v. 57, p. 1, 1987.

SKINNER, D. *Effective Teaching and Learning in Practice*. London: Continuum International Publishing Group, 2010. ISBN 978-1-4411-2923-9.

SÁ, M. V.; ALMEIDA, M. J. d. Physics teachers: a holistic plan for professional education during both the pedagogical stage and the probation year. *Teachers and Teaching theory and practice*, v. 22, p. 504, 2016.

TSAI, C.-C. Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, v. 24, p. 771, 2002.

VYGOTSKY, L. S. *A construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 2001.

WEI, R. C. et al. *Professional Learning in the Learning Profession - A Status Report on Teacher Development in the United States and Abroad*. [S.l.]: National Staff Development Council, 2009.