

Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas

Ana Edite Cunha^{1,2}, J. Bernardino Lopes^{1,3}, J. Paulo Cravino^{1,3} e Carla A. Santos¹

¹Escola de Ciências e Tecnologias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal; ²Escola Secundária S. Pedro, Vila Real, Portugal; ³CIDTFF – Centro de Investigação de Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal. Emails: anaedite1@sapo.pt, blopes@utad.pt, jcravino@utad.pt, carla.manuela.santos@gmail.com

Resumo: Estudaram-se as práticas de ensino, no contexto do trabalho experimental, em aulas de Ciências Físicas, para: identificar evidências da mediação do professor para envolver os alunos e do envolvimento destes; estudar as características da mediação e do envolvimento e suas relações. Reporta-se um estudo longitudinal (três anos) de um professor que pretendeu que o envolvimento dos alunos fosse progressivamente maior e mais produtivo. Utilizaram-se sete narrações multimodais (NM), uma forma de recolher, agregar e transformar dados de práticas profissionais. A análise dos dados foi feita tendo em conta dimensões de análise determinadas pela fundamentação teórica. As variáveis em cada dimensão foram encontradas pela análise *open code* das NM recorrendo a software de análise qualitativa. Como resultado obteve-se que as características da mediação do professor mais relevantes para promover o envolvimento produtivo dos alunos são dar autoridade aos alunos e manter a tarefa como desafio. A formulação da tarefa pode facilitar a mediação do professor e para isso deve obedecer a dois requisitos fundamentais: clareza e autonomia. A manutenção da tarefa como desafio é conseguida, essencialmente, através de duas estratégias: criar condições para que os recursos sejam usados proficientemente; induzir nos alunos uma abordagem consciente e sistemática.

Palavras-chave: trabalho experimental, mediação do professor, envolvimento produtivo dos alunos, reflexão da prática profissional, desenvolvimento profissional.

Title: Engage students productively to accomplish the experimental work: the case of the experienced teacher looking for good practices.

Abstract: We study the teaching practices, in the context of experimental work, in physical science classes, to: identify evidence of teacher's mediation to engage students and students' engagement; study the characteristics of mediation and the engagement and their relations. It refers to a longitudinal study (three years) of a teacher who claimed that the students' engagement were progressively bigger and more productive. We used seven multimodal narratives (MN), a way to collect, aggregate and transform data of professional practices. Data analysis was made taking into account dimensions of analysis determined by theoretical analysis. The

variables in each dimension were found by open code analysis of MN using software of qualitative analysis. The results allow identify that the characteristics of teachers' mediation more relevant to promote the students' engagement productively were given authority to students and maintain the task as a challenge. The formulation of the task may facilitate the teacher's mediation and for this must obey to two fundamental requirements: clarity and autonomy. The maintenance of the task as a challenge is achieved, essentially, through two strategies: to create conditions to ensure that resources being used proficiently; induce in students a conscious and systematic approach.

Keywords: experimental work, teacher mediation, students engagement productively, reflection of professional practice, professional development.

Introdução

O trabalho experimental (TE) é reconhecido pela sua importância na aprendizagem dos alunos (Cachapuz, 2000; Gil-Pérez et al., 1999; Hart, Mulhall, Berry, Loughran e Gunstone, 2000; Saraiva-Neves, Caballero e Moreira, 2006), e aceite como metodologia de ensino entre a comunidade científica e os professores (Saraiva-Neves, Caballero e Moreira, 2006). Pois, pode ajudar a diminuir as dificuldades existentes na aprendizagem, não só pelas interpretações que este trabalho exige mas também pela controvérsia e discussões que se podem gerar entre os alunos (Cachapuz, 2000).

No entanto, nem sempre o recurso ao TE em sala de aula se traduz numa melhor aprendizagem pelo que, alguns autores (por exemplo, Hodson, 1990), defendem a necessidade da sua reconceptualização à luz de uma perspectiva construtivista social da natureza da ciência e da aprendizagem (Hodson, 1996). Por outro lado, o TE é reduzido, muitas vezes, a uma série de instruções que os alunos acabam por realizar de modo quase mecânico (tipo *receita*) (Lopes, 2004), sem sequer estabelecerem, de uma forma consciente, a ligação aos saberes em desenvolvimento. Por isso, deve ser encarado de uma forma mais livre e empolgante com base na resolução de problemas relacionados à vida quotidiana (Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa, e Martínez-Terrades, 2001; Gott e Duggan, 1995; Hofstein, Navon, Kipnis e Mamlok-Naaman, 2005; Lillo, 1994; Lock, 1998; Reigosa e Jiménez-Aleixandre, 2001; Watson, 2004;). Um ensino em que a atividade dos alunos é demasiado controlada pelo professor, não dá aos alunos a oportunidade de estes desenvolverem competências porque as experiências de aprendizagem tornam-se incompletas, ou pouco ricas (Pedrosa de Jesus, Teixeira-Dias e Watts, 2003). Segundo Lopes et al. (2010), a autonomia pode ser dada pelo professor através de pequenos gestos ou atitudes, como por exemplo: (a) deixar que os alunos tenham tempo para se envolverem na realização da tarefa; (b) dar algumas pistas aos alunos, só quando for atingido o ponto de bloqueio; (c) deixar que os alunos se ajudem mutuamente e partilhem as suas ideias; (d) ouvir os alunos sem os interromper, dando-lhes mais tempo; entre outros.

Por outro lado, o tipo de tarefas a ser trabalhado durante uma aula deve ser variado e ir de encontro aos vários estilos de aprendizagem dos alunos (Felder e Silverman, 1988). É importante que o professor através de uma mediação adequada apresente tarefas com objetivos claros desde o início

(Biggs, 1999; Lopes, Cravino, Branco, Saraiva e Silva, 2008), para que alunos se envolvam mais facilmente nelas, para alcançarem as aprendizagens desejadas. Porque se os alunos não entenderem o que é pretendido com a tarefa, não se envolvem autonomamente nesta (Lopes, et al., 2008).

É sabido que o papel dos professores para promover a aprendizagem dos alunos é importante enquanto “principais técnicos de contingência” (Dias, 2004; Ponte, 2003) no seio da sala de aula. O professor é o responsável pelo desenvolvimento académico e social dos seus alunos. Por isso, deve transformar o contexto de sala de aula num envolvimento de aprendizagem positiva, caracterizado pela atenção, participação, paciência, respeito, motivação e realização de trabalho produtivo. De acordo com Engle e Conant (2002), os alunos estão envolvidos produtivamente quando são evidentes progressos no conhecimento dos alunos. O envolvimento cognitivo está associado ao facto de alunos trabalharem no sentido de adquirirem ideias e habilidades mais complexas para a aprendizagem (Fredricks, Blumenfeld e Paris, 2004).

Existem estudos que incidem sobre o envolvimento do aluno na sua aprendizagem em contextos naturais de sala de aula de Ciências salientando a importância das tarefas autênticas para o envolvimento dos alunos (e.g., Reigosa e Jiménez-Aleixandre, 2007) ou para as relações entre as estratégias de “scaffolding” e grau do envolvimento dos alunos (van de Pol, Volman e Beishuizen, 2010). Todavia, pretendemos especificamente estudar a relação entre o esforço do professor para envolver os alunos no trabalho experimental em sala de aula (pois é, apesar de tudo, um recurso didático pouco utilizado pelos professores (Melo, 2011)) e o envolvimento dos alunos.

Objetivos

Assim, são objetivos deste artigo estudar as práticas de ensino em contexto de sala de aula de Ciências Físicas usando o trabalho experimental de forma a:

- Identificar as evidências do esforço do professor para envolver os alunos na disciplina de forma produtiva, e do envolvimento produtivo dos alunos;
- Estudar as características da mediação do professor para envolver os alunos na aula de modo produtivo, e do envolvimento produtivo dos alunos;
- Caracterizar as influências da mediação do professor para envolver os alunos no envolvimento produtivo dos alunos.

Fundamentação teórica

Este estudo centra-se no envolvimento dos alunos no seu trabalho (Engle e Conant, 2002; Fredricks et al., 2004) e sua relação com a mediação do professor em sala de aula (Hoadley e Linn, 2000; Lopes, et al., 2008; Scott, Mortimer e Aguiar, 2006; Tiberghien e Buty, 2007), no contexto do trabalho experimental, em aulas de Ciências Físicas.

É importante criar um ambiente agradável na sala de aula para que os alunos se sintam motivados e interessados em aprender, pois é na sala de

aula que uma grande parte dos processos de ensino e de aprendizagem ocorrem no seio de uma cultura escolar estereotipada entendida como "procedural display" (Bloome, Puro, e Theodorou, 1989) em que aqueles comportamentos são considerados adequados (Reigosa e Aleixandre-Jiménez, 2007). Os estudos de Walberg, Fraser e Welch (1986) indicam que o ambiente de sala de aula influencia os resultados dos alunos em qualquer nível de ensino. O ambiente de sala de aula deve ser positivo, de modo que convide à participação, ao trabalho, à partilha e à reflexão. Mesmo quando o professor rege a sua conduta por um elevado grau de entusiasmo, justiça, correção, dedicação e interesse genuíno pelos alunos (Pallof e Pratt, 2002), nem sempre consegue as condições para a construção de um clima positivo e uma aprendizagem eficaz. Por vezes, mesmo o professor mais dedicado não consegue transcender certas dinâmicas de grupo criadas entre os alunos. Ou seja, o professor é uma peça chave, é fundamental, mas não é tudo. Não lhe basta a sua competência científica para conseguir envolver os alunos durante as aulas em trabalho produtivo (Mestre, 2001; Viegas, 2010). Nesse sentido, o professor usando uma metodologia do tipo investigação-ação (e.g., Cohen, Manion e Morrison, 2010) pode melhorar o seu desempenho profissional, a partir da sua própria prática letiva. Neste método de investigação é necessário ter em conta uma prévia reflexão sobre a sua prática letiva, identificar os aspetos que se pretendem melhorar, estruturar o modo como se pretendem alterar esses aspetos, testar e refletir sobre estas ações (auto-reflexão e em grupo), modificar se necessário e finalmente fazer a avaliação da ação modificada (McNiff e Whitehead, 2002).

Esta investigação tem como base os trabalhos de Engle e Conant (2002), que assenta em 4 princípios orientadores para promover o envolvimento produtivo dos alunos trabalhando com os conceitos de uma disciplina do conhecimento: (a) encorajar os alunos, pelo professor, a dar contribuições intelectuais; (b) dar autoridade aos alunos, no sentido de os tornar mais ativos nas suas aprendizagens; (c) responsabilizar os alunos, nas boas práticas de sala de aula; (d) providenciar os recursos necessários, bem como o acesso a fontes de informação relevantes.

Quando o professor interage com os seus alunos, lhes dá autonomia e cria um clima favorável ao envolvimento em sala de aula, ouvindo-os com atenção, pedindo-lhes a explicação das suas respostas, valorizando-as, destacando os elementos positivos das respostas, elogiando a qualidade do seu desempenho e dar o tempo necessário para as esclarecer (Alonso-Tapia, 1999) induz a intervenção espontânea dos alunos. O resultado é corroborado pelas conclusões de Viegas (2010), segundo as quais os alunos envolvem-se na aprendizagem e conseguem melhores resultados académicos (Felder e Brent, 1999; Mazur, 1997; Redish, 2003) quando o professor os incentiva, lhes dá autonomia e fomenta um papel mais interventivo em sala de aula.

O esforço inicial para envolver os alunos produtivamente passa pela conceção das tarefas [relacionadas com o conceito de problema e desafio (e.g. Cachapuz et al, 2001)] e de modo como são colocadas aos alunos [uma colocação inapropriada pode retirar o caráter de problema à tarefa (e.g. Lopes et al., 2008)]. Em particular, as instruções do professor com relevância para a execução da tarefa devem focalizar a atenção dos alunos

para os processos de aprendizagem e para os objetivos desta, em vez de focalizar para os resultados (Pardo e Alonso-Tapia, 1990). Por outro lado, os professores devem também ajudar os alunos a desenvolver um planeamento das atividades a serem realizadas. Esta ajuda pode impedir os alunos de perderem de vista os objetivos das tarefas ao tentarem seguir um planeamento pré-determinado pelo professor e pode ajudá-los a ter controlo e autonomia sobre o seu trabalho. Alonso-Tapia e Pardo (2006) consideram que uma das tarefas mais difíceis do professor é motivar os alunos para a aprendizagem, e que pode ser alcançada dando-lhes autonomia necessária para alcançar os seus objetivos. Assim, o professor deve fornecer aos alunos os objetivos e tarefas que envolvem desafio e cujo desempenho tem significado para o empenho do aluno. Além disso, a diversidade de tarefas permite motivar os alunos e aproximar os objetivos de aprendizagem (Viegas, 2010) daquilo que estes desenvolvem realmente (Felder e Silverman, 1988; Lopes, 2004; Perrenoud, 2003). O desenho e a implementação do trabalho experimental têm um papel preponderante no envolvimento produtivo dos alunos. Se o trabalho experimental for encarado de modo mais aberto (Almeida, 1995; Donnelly, 1998; Silva, 2001), onde os alunos têm maior liberdade nas suas ações, assim os alunos são encorajados a refletir e a construir por si próprios o seu conhecimento científico e avaliam as suas ações. Por outro lado, quando a tarefa é fechada, processo caracterizado por uma natureza estática e sequencial de etapas bem definidas levando apenas à recolha e análise de resultados experimentais com vista à elaboração de conclusões (Almeida, 1995; Silva, 2001), o professor assume um papel orientador e coordenador, não permitindo autonomia aos alunos.

As características dos ambientes de aprendizagem ajudam a explicar como os alunos se envolvem no trabalho. A aprendizagem é também um meio para se tornar membro da comunidade, partilhar as suas representações e contribuir igualmente para a inovação na produção do conhecimento (Viegas, 2010). O envolvimento disciplinar produtivo permite seguir o desenvolvimento do aluno na sua aprendizagem momento a momento de ideias novas e da compreensão, através de ajustes reais, onde o aprender é um processo simultaneamente cognitivo e social (Viegas, 2010). É produtivo porque promove o progresso intelectual e depende da disciplina, da tarefa e dos tópicos abordados. Os argumentos dos alunos tornam-se cada vez mais sofisticados e a discussão leva-os a colocar questões novas, reconhecer confusões, ligar ideias novas e projetar algo de novo com vista a um objetivo (Engle e Conant, 2002; Valero, 2002). De acordo com Viegas (2010), se o professor ajustar o ambiente de aprendizagem aos diferentes tipos de alunos, fornecer as tarefas associadas a situações concretas e reais, explicar os benefícios de aprendizagem, a relação entre aprendizagem e avaliação e dedicar tempo aos alunos no auxílio das tarefas propostas, irá estimular a curiosidade dos alunos, incentivando-os a desenvolver projetos para a sua aprendizagem (Alonso-Tapia e Pardo, 2006). Além disso, é necessário monitorizar a realização das tarefas sobretudo quando os alunos não vêem resultados do seu trabalho. Se os alunos souberem o que procuram e que ações necessitam executar para alcançar a resposta a uma questão ou problema então tem um controlo aceitável das suas ações (Lopes et al., 2008) aquela dificuldade é mitigada.

Os aspetos mencionados anteriormente, tais como, ambiente de sala de aula, envolvimento produtivo, apresentação e desenvolvimento da tarefa podem ser enquadrados numa perspetiva mais abrangente, a da mediação do professor, e definida por Lopes e colegas (2008) como sendo todas os atos e linguagens do professor e alunos em sala de aula no sentido de promover a aprendizagem dos alunos. A mediação do professor, bem entendido, insere-se nas perspetivas sócio-culturais sobre a dinâmica de interação com o "outro" através de mediadores discursivos (e.g. Danish e Enyedy, 2007; Marriotti, 2000; Reveles, Kelly e Durán, 2007; Rizzo, 2003) e nas perspetivas epistémicas e metacognitivas (Richter e Schmid, 2010) e de interação com o objeto epistémico (Knuuttila, 2005; Nordmann, 2006) através de mediadores manipuláveis. Tem as suas raízes no trabalho de Vygostky (2001) sobre a zona de desenvolvimento próximo e neste sentido a mediação do professor nunca substitui o trabalho dos alunos (Felder, 2004; Mazur, 1997; Redish e Steinberg, 1999) pois, este é fundamental para a sua aprendizagem. Por isso, um esforço do professor, estruturado e com fundamento didático, para envolver os alunos no trabalho experimental insere-se no contexto mais geral da mediação do professor para promover a aprendizagem eficaz dos alunos.

Questões de investigações

Assim, as questões de investigação deste estudo são:

(a) O que é fundamental na mediação do professor para envolver produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental?;

(b) Como é que o professor pode manter a tarefa experimental como desafio?

Descrição do estudo

Um professor experiente em busca de boas práticas (caso investigação-ação)

Reporta-se uma investigação-ação num estudo longitudinal (três anos) de um professor que pretendeu melhorar a sua prática de ensino focando os seus esforços em atividades experimentais propostas em sala de aula. Este professor, o primeiro autor, ensina Ciências Físicas (física e química) numa escola pública no norte de Portugal. A escola está localizada no centro da cidade e tem boas condições. O professor, em 2006, tinha 22 anos de experiência em ensino e neste momento é aluno de doutoramento em investigação em Didática de Ciências Físicas. O estudo apresentado foi desenvolvido durante os anos letivos de 2005/2006 até 2007/2008, em aulas do 11º ano de escolaridade (alunos com 14-16 anos) de Física e Química.

A primeira implementação do estudo foi feita no ano letivo de 2005/2006 (1º ano do estudo) numa turma com 27 alunos (a maioria deles com idades compreendidas entre 15-16 anos) durante 4 aulas de 90 minutos cada (total de 360 min). Os alunos pertencem a estrato socioeconómico médio/alto e vivem perto da escola. A maioria dos alunos nunca reprovou e têm um bom desempenho académico. A atividade experimental, que

ocupou todas as aulas referidas, teve como assunto “transmissão de informação por ondas em AM e FM”.

Durante o 2º ano do estudo (2006/2007) foi feita uma reflexão pelo professor-investigador focado na conceção das tarefas e no seu esforço para envolver os alunos produtivamente nas tarefas. Para realizar esta reflexão foram tidas em conta: (a) as narrações multimodais elaboradas para as tarefas experimentais desenvolvidas na 1ª implementação; (b) as discussões e sugestões com investigadores experientes (dois deles co-autores deste estudo). Este ano foi usado para produzir as narrações multimodais, refletir sobre a sua prática (considerada como central por McNiff e Whitehead, 2002), discutir sobre os padrões previstos e testar algumas ideias em sala de aula, tais como, dar autoridade e responsabilidade aos alunos, alterações ao desenho das tarefas e menor intervenção por parte do professor.

Na segunda implementação do estudo (3º ano do estudo) foi feita no ano letivo 2007/2008 numa turma de 22 alunos (com idades entre 15 e 16 anos) durante 3 aulas (com diferentes tempos letivos) num total de 315 min, o que corresponde (para comparar com a 1ª implementação) a 3,5 aulas de 90 minutos. O professor foi o mesmo, bem como a escola e o nível de aprofundamento dos conteúdos científicos. Os alunos não eram os mesmos, mas tinham características similares aos alunos da primeira implementação, nomeadamente em termos de idade e de estrato socioeconómico. A atividade experimental decorreu durante todas as aulas referidas, no tema “Comunicações por radiação eletromagnética”.

O estudo das práticas de mediação de um professor em anos sucessivos, para envolver os alunos é importante para identificar aspetos essenciais da mediação do professor que promovam o envolvimento produtivo. Com efeito as mudanças nas práticas de mediação ocorreram porque o professor deste estudo pretendia melhorar o seu desempenho profissional e estava disposto a assumir riscos inerentes às suas inovações educacionais (Harrison, Hofstein, Eylon, e Simon, 2008) e a enfrentar a insegurança das novas abordagens (Day, 1999). Para isso, fez em cada momento da sua prática de mediação uma reflexão da sua prática profissional (Schön, 1983), em que participaram o seu orientador e colegas de disciplina que faziam parte da mesma comunidade de aprendizagem, criada para este efeito, com o objetivo de avaliar o que seria suscetível de se manter, ou de se alterar no sentido de melhorar aspetos da mediação do professor durante a atividade experimental. Em consequência, houve alteração do desenho da tarefa e dos esforços do professor para envolver os alunos na tarefa.

Recolha e tratamento de dados

O envolvimento produtivo dos alunos na aprendizagem foi estudado a partir de narrações multimodais (NM) de cada uma das sete aulas. De acordo com Lopes e colegas (2010), uma NM é um relato multimodal, feito pelo professor que lecionou a aula, descrevendo o que acontece na sala de aula, a partir de fontes de informação independentes (e.g. gravações áudio, documentos produzidos pelos alunos e professor, entre outros) focando a ação e linguagem do professor e dos alunos durante uma tarefa (em sentido lato), desde a sua apresentação até esta ser terminada, bem como

informações que só o professor tem (percepção do que aconteceu, decisões tomadas, etc.). Cada NM foi feita a partir da audição das gravações e recorrendo ao uso dos diferentes documentos referidos anteriormente. Numa segunda fase foram acrescentados ao relato, elementos multimodais tais como, fotos, diálogos, esquemas, silêncios, etc. Por fim cada NM foi lida e validada (recorrendo à gravação áudio) por outras pessoas de forma a conferir a sua legibilidade, sua completude e a sua adequação aos dados independentes. Caso seja necessário, a NM é melhorada até uma versão final aceitável ser alcançada. Todas as NMs têm o mesmo foco (o desenvolvimento das tarefas em sala de aula) e a mesma estrutura que nos permite comparar as diferentes NM (Lopes et al., 2010). A primeira parte da NM é uma descrição geral de toda a aula e contém os seus elementos contextuais. A segunda parte é a descrição detalhada do que acontece durante um episódio, que corresponde à apresentação de uma tarefa e termina quando se passa a outra tarefa. As NMs da 1ª e 2ª implementação foram feitas pelo professor-investigador, verificada a legibilidade por outro professor e validade por outro investigador co-autor deste estudo.

Análise de dados

As dimensões de análise das NMs foram determinadas pela fundamentação teórica referida anteriormente: (a) mediação do professor para envolver alunos nas tarefas; (b) envolvimento dos alunos na disciplina; (c) indicadores de produtividade dos alunos. No entanto, as variáveis dicotómicas encontradas em cada dimensão foram determinadas pela análise *open code* (Böhm, 2004; Cohen et al., 2010) das NMs.

Todas estas dimensões de análise foram utilizadas para responder à questão de investigação (a) [O que é fundamental na mediação do professor para envolver produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental?].

As NM foram analisadas por um investigador diferente do professor-investigador utilizando o *software* de análise qualitativa (NVivo 8®). A partir de cada NM identificaram-se excertos correspondentes às evidências do envolvimento dos alunos na disciplina, das características da mediação do professor para induzir esse envolvimento, bem como dos indicadores da produção dos alunos. Através das evidências foi feita a primeira tentativa de codificação. As diferentes codificações receberam uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. Depois de revista a codificação, usando todas as NMs, foram refinadas as suas definições e verificadas se os excertos selecionados eram bem descritos por cada codificação. Durante este processo cada codificação bem como a sua definição não são definitivos, algumas codificações podem ser agrupadas numa só, ou podem ser desdobradas. Cada excerto é descrito por várias codificações. Depois deste processo concluído cada codificação obtém o estatuto de variável dicotómica. Ou seja, cada excerto é caracterizado pela presença ou ausência de cada uma das variáveis dicotómicas encontradas na análise *open code*. Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes, sendo um deles o professor-investigador e outro o 2ª autor. O grau de acordo foi de 94%. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total. Após esta fase foi feita a categorização pelos investigadores, que correspondeu a reanalisar todas as

NMs usando as variáveis dicotómicas. As variáveis dicotómicas determinadas pela análise *open code* estão apresentadas e definidas sucintamente nas tabelas 1a, 1b, 2, e 3.

Variáveis dicotómicas	Definição	Exemplos
Tornar presente informação anterior	O professor envolve os alunos ajudando-os a tornar presente informação trabalhada em momentos anteriores (na mesma aula ou em aulas anteriores).	[...] Professor: Ora bem, então vamos lá fazer o ponto da situação, da última aula. Quem quer começar? O que é que se aprendeu na última aula? Aluno – Demos justificações para a diferença de som em AM e FM. [...] 3ªNM de 2006
Colocar Tarefa como Desafio	Diz respeito à tarefa em si. O professor coloca a tarefa como um desafio (tendencialmente autêntica ou contextualizada) com relevância para os alunos e com vista à obtenção de resposta.	[...] 2. Proponha uma actividade experimental que lhe permita dar resposta às questões anteriores. (Tenha em conta o material que lhe vai ser apresentado). [...] 1ªNM de 2008
Envolver os alunos na execução da tarefa	Diz respeito à forma como a tarefa é colocada aos alunos. O professor envolve os alunos na tarefa, assegurando-se que compreendem a tarefa, explicitando a relevância da tarefa. Assegura-se igualmente que os alunos se envolvem na sua execução.	[...] Professora: Agora a questão 5: “em que leis se baseou para dar resposta a pergunta anterior?” Eu quero que me digam em que é que consistem... vão ao vosso livro e há de certeza as expressões, quero que me expliquem em que é que consistem...as leis da reflexão e refração, nós falamos delas... [...] 3ªNM de 2008
Mantém a tarefa como desafio (baseado em Lopes et al., 2008)	O professor, apesar das interações com os alunos ao longo de uma tarefa, não altera as características iniciais da tarefa, caso a tarefa seja desafio. Ou seja, as pistas ou sugestões, que eventualmente o professor faça ao longo de uma tarefa, não retiram o carácter desafio à tarefa.	Ver exemplos na tabela 6.
Incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas	Diz respeito à forma como se garante a execução da tarefa. O professor de forma preventiva solicita diretamente, tenta encorajar, dar feedback positivo, elogiar, garantindo que os alunos tenham confiança para executar e terminar as tarefas propostas.	[...] Professor: Muito bem! Venha então ao quadro escrever essa parte. [...] 4ªNM de 2006

Tabela 1a- Variáveis dicotómicas encontradas relativamente às características da mediação do professor para envolver os alunos, breve definição e exemplos.

Monitorizar o envolvimento	O professor está atento a indicadores de não envolvimento dos alunos ou de envolvimento que prejudique a realização das tarefas.	[...] Pedi ao Óscar para ler a sua resposta porque o aluno estava distraído e normalmente não costuma corrigir as suas respostas quando eu ou os seus colegas fazem a correção das perguntas. [...] 4ªNM de 2006
Corrigir o envolvimento	O professor, face a indicadores de não envolvimento dos alunos, tenta estimular a sua curiosidade e ou o seu envolvimento na disciplina, por exemplo, apoiando se e quando necessário, disponibilizando recursos, solicitando diretamente o seu envolvimento; ou face a envolvimento excessivo por parte destes, que prejudique a execução satisfatória da tarefa o professor corrige-o.	[...] Professora: Vamos estar atentos ao que o vosso colega vai escrever no quadro, registar e emendar aquilo que não estiver bem na vossa ficha de trabalho, está?! [...] 4ªNM de 2006
Dar autoridade aos alunos	O professor dá autoridade aos alunos, permitindo que os alunos tenham autonomia, tomem iniciativas e deixando que estes tomem o controlo da execução das tarefas.	[...] Os alunos falavam entre si e mexiam no material, eu limitei-me a observá-los. [...] 2ªNM de 2008
Disponibilizar recursos	O professor disponibiliza recursos para que os alunos possam trabalhar de forma autónoma.	[...] Professora: Proponha uma atividade experimental que lhe permita dar resposta às questões anteriores. Vocês formularam uma hipótese sem comprovar na realidade se isso existia, agora vamos por mãos à obra e propor a nossa atividade. Já vos mostrei o material. Temos aqui o emissor do micro-ondas, um recetor de micro-ondas, [...] 1ªNM de 2008
Permitir ou Incentivar a Problematização	O professor permite ou incentiva a problematização de situações físicas, formulação de questões, apresentação de propostas, etc.	[...] Seguidamente a Íris pediu para ler a sua resposta afirmando que lhe parecia ter mais completo do que os anteriores. Dei então autorização à Íris para ler a sua resposta. [...] 4ªNM de 2006

Tabela 1b.- Variáveis dicotómicas encontradas relativamente às características da mediação do professor para envolver os alunos, breve definição e exemplos.

Algumas variáveis dicotómicas foram inspiradas na literatura, todavia, a maioria foi obtida por confronto sistemático com e entre os excertos das NMs, caracterizados com a mesma codificação. A análise das características da mediação do professor para envolver produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental foi feita a partir das variáveis dicotómicas que se agruparam nas três dimensões referidas.

Variáveis dicotómicas	Definição	Exemplos
Envolvimento emocional	Os alunos mostram sinais emocionais de envolvimento, i.e., entusiasmo, curiosidade, persistência na execução da tarefa, etc.	[...] Os alunos estão muito divertidos, notou-se que estavam a gostar da atividade. [...] 2ª NM de 2006
Iniciativas dos alunos	O aluno toma a iniciativa, no âmbito da disciplina, das suas ações como por exemplo, questionando, fazendo ou propondo algo, etc.	A aluna corrigiu o que o colega leu, dizendo que os processos mais precisos e onde é possível armazenar mais informação é com os sinais digitais e que o colega não tinha isso muito claro. 4ªNM de 2006
Envolvimento na execução da tarefa	O aluno envolve-se na tarefa através de diálogo, do registo de informação, visualização de imagens, realização de atividade experimental, etc.	[...] os alunos discutiam com os colegas do lado, consultando o manual, o caderno e as folhas anteriores da ficha de trabalho. [...] 3ª NM de 2008
Não envolvimento dos alunos	Os alunos mostram sinais de não envolvimento na tarefa, como por exemplo, distraídos, conversarem com os colegas do lado, não trazem o livro, etc.	[...] Pedi ao Óscar para ler a sua resposta porque o aluno estava distraído e normalmente não costuma corrigir as suas respostas quando eu ou os seus colegas fazem a correção das perguntas. [...] 4ªNM de 2006

Tabela 2.- Variáveis dicotómicas encontradas sobre o envolvimento/não envolvimento do aluno, breve definição e exemplos.

Variáveis dicotómicas	Definição	Exemplos
Produção Escrita	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma escrita, como por exemplo, execução de cálculos, textos, diagramas, descrições, etc.	[...]  Figura 2: Apresentação dos resultados obtidos pelo grupo I [...] 3ª NM de 2008
Produção Oral	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma oral, como por exemplo, o aluno coloca questões, hipóteses, argumenta, faz comentários, etc.	[...] Aluno – Também concluímos o mesmo mas comparámos uma estação em AM e FM, em AM era pior que FM, mas noutra estação só se apanhou AM e noutras apanhava-se FM. [...] 1ª NM de 2006
Atos/ Manuseamento	O produto da tarefa é algo observável numa forma não verbal tal como manusear e escolher equipamento, executar experiência, etc.	Os alunos falavam entre si e mexiam no material, eu limitei-me a observá-los. 2ª NM de 2008

Tabela 3.- Variáveis dicotómicas encontradas sobre os produtos dos alunos, breve definição e exemplos.

Para responder à questão de investigação (b) [Como é que o professor pode manter a tarefa experimental como desafio?] foi utilizada a dimensão de dimensão de análise “mediação do professor para envolver alunos nas tarefas” e a análise comparativa das tarefas apresentadas em cada implementação.

Apresentação dos resultados

Para respondermos à questão de investigação (a) [O que é fundamental na mediação do professor para envolver produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental?] apresentamos os resultados obtidos sobre características da mediação do professor para envolver os alunos (figura 1), sobre o envolvimento dos alunos e a produtividade desse envolvimento (ver tabela 4).

Relativamente ao envolvimento e à produção dos alunos, há duas formas de apresentar os resultados, por um lado a frequência com que ocorreu certa categoria analisada e por outro, um indicador de qualidade relativamente a uma dada categoria. A frequência, por exemplo, da iniciativa do aluno por aula, traduz o número de vezes que o aluno teve iniciativa durante todas as aulas a dividir pelo número de aulas, ou seja traduz uma média de ocorrência por aula. O indicador não traduz uma contagem, mas sim uma indicação sobre o tempo médio por aula em que ocorreu certa categoria, ou seja é o quociente entre o tempo total das aulas pelo número de vezes em que ocorreu essa categoria. Houve necessidade de fazer um tratamento diferente no que diz respeito ao envolvimento e à produção quer escrita, quer oral, porque se usássemos a frequência (contagem) teríamos uma interpretação errada do que na realidade se passa. Por exemplo, se um aluno se envolve na tarefa durante a aula toda, ou quase toda, e se usássemos a contagem obter-se-ia o resultado de apenas uma, ou duas vezes, pois aquele aluno que precisa constantemente da intervenção do professor e do esforço deste para que diga ou faça alguma coisa seria um número muito maior de vezes de envolvimento. Ora é envolvimento de melhor qualidade e está deveras envolvido aquele aluno que o faz com autonomia e num contínuo no tempo, por isso relacionou-se um indicador ligado ao tempo que gastou em vez do número de vezes que o fez.

Frequência e indicadores		2006	2008
Envolvimento dos alunos	Indicador do envolvimento na execução da tarefa	8,2	11,3*
	Frequência de envolvimento emocional por aula	0,5	0,0
	Frequência de iniciativa do aluno por aula	2,3	2,3
	Frequência de não envolvimento	3,5	3,1
Produção realizada pelos alunos	Indicador na produção escrita	4,7	7,2*
	Indicador na produção oral	4,3	4,4
	Frequência de manuseamento por aula	0,3	2,0*

Tabela 4.- Frequência e indicadores de qualidade do envolvimento dos alunos e da sua produção (por aula de 90 minutos). *diferenças significativas para $p < 0,05$.

Da análise da tabela 4 resulta que de 2006 para 2008 os alunos envolveram-se mais nas tarefas (corroborada por menor frequência de não envolvimento), o que teve como consequência melhores indicadores de produtividade traduzida em mais manuseamento por aula e mais produção escrita por aula. Em contrapartida, não houve envolvimento emocional, que existiu em 2006, o que indica que os alunos estiveram mais empenhados na aprendizagem ou seja na produção de conhecimento, manifestado em formas mais palpáveis de produtividade. A produção oral mantém valores do respetivo indicador semelhantes, o que corresponde a uma certa importância da oralidade. A iniciativa dos alunos é similar nos dois anos.

Estes diferentes resultados do envolvimento dos alunos nas atividades experimentais devem-se pelo menos em parte, como veremos ao esforço do professor se ter alterado, e também ao desenho da tarefa que foi alterado de 2006 para 2008.

A tarefa experimental proposta em 2008, devido às características, permite uma maior autonomia e controlo ao aluno, pois solicita a sua resposta ao problema proposto, o procedimento e a execução experimental, bem como o tratamento de dados e a elaboração das conclusões da respetiva atividade.

Assim, o desenho da tarefa inicial mudou de 2006 para 2008, como se pode verificar na tabela 5. Às tarefas principais seguiram-se tarefas subsidiárias que foram sendo dadas aos alunos à medida que iam executando cada tarefa anterior. As tarefas eram apresentadas aos alunos através de uma ficha de trabalho. O professor distribuía folha a folha, só entregava uma nova folha da ficha quando todos os alunos já tinham completado todas as tarefas da folha anterior. Em cada ano, 2006 e 2008, a 1ª folha da ficha continha a tarefa principal e a tarefa T1 (ver tabela 5). Em 2006 a 2ª folha da ficha continha as tarefas de T2 até T4; a 3ª folha da ficha tinha a tarefa T5 e T6; a 4ª folha tinha a T7 e T8.1; e a última folha tinha as tarefas de T8.2 até T8.5. Relativamente a 2008, a 2ª folha da ficha tinha a T2 e T3; a 3ª folha continha as tarefas de T4 a T7. As principais mudanças relativamente às tarefas são (tabela 5):

(a) o contexto é mais rico, o problema é mais claro [em 2008, a tarefa continha uma melhor descrição da situação física, enquanto que esta estava ausente em 2006; além disso, a formulação em 2008 precisava o desafio (modelizar a situação em laboratório) e colocava questões que estabeleciam os objetivos a atingir];

(b) é solicitado aos alunos que tenham trabalho de conceção (tarefa tipo 2);

(c) é concedida mais autonomia e responsabilidade (compare-se tarefas tipo 3) [o trabalho experimental, em 2008, pedia para planear e só depois é que era realizada a atividade experimental, mas em 2006 esta era muito orientada; por exemplo, em 2008, o registo e o tratamento de dados é feito e decidido pelos alunos, o que não acontece em 2006; além disso, o número de tarefas subsidiárias por aula foi menor em 2008, o que é indicador de uma menor intervenção do professor, dando por conseguinte maior autonomia nos alunos];

(d) é devolvido aos alunos a responsabilidade de responder ao problema inicial (tarefa tipo 5). Estas mudanças podem explicar o aumento do esforço

do professor em “manter a tarefa como desafio” e “dar autoridade aos alunos” (figura 1).

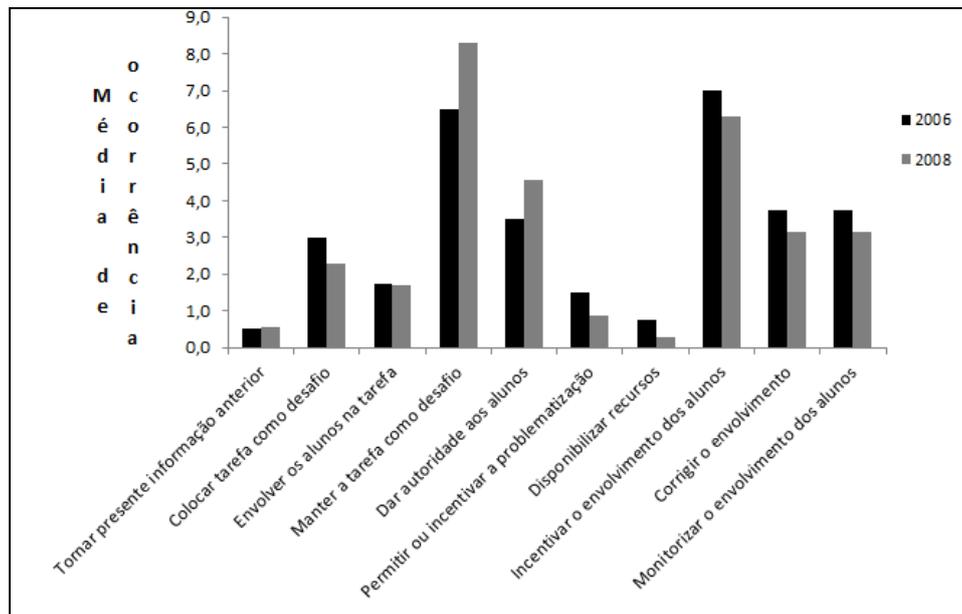


Figura 1.- Média de ocorrência por aula das características do esforço do professor nos anos de 2006 e 2008.

A mediação do professor também foi diferente, não só nos esforços para envolver os alunos, mas também no modo como monitorizou a execução da tarefa em causa. A monitorização da tarefa e esforço para envolver os alunos alterou-se de 2006 para 2008, como se pode constatar pelos resultados de análise apresentados na figura 1. Em particular em 2008 é notória a diferença no que diz respeito a manter a tarefa como desafio e em dar autoridade aos alunos. No entanto, não foi detetado em nenhum dos anos a existência de ações do professor que tivessem uma influência negativa no envolvimento dos alunos.

Analisando de forma mais detalhada a figura 1 verifica-se que o professor em 2008 não faz tantas ações para incentivar, corrigir e monitorizar o envolvimento dos alunos. Todavia, deliberadamente tem mais ações para manter a tarefa como desafio e dar mais autoridade aos alunos.

Como vimos anteriormente, o número de tarefas subsidiárias por aula diminuiu de 2006 para 2008. Assim, dando maior autonomia aos alunos (menos tarefas subsidiárias, ou seja trabalho dos alunos com menos orientações do professor) e mantendo as tarefas como desafios ao mesmo tempo que se dá autoridade aos alunos (figura 1):

- (a) favorece-se um maior envolvimento dos alunos na execução da tarefa (ver tabela 4);
- (b) diminuiu o não envolvimento dos alunos (ver tabela 4);
- (c) não carece de uma ação corretiva tão frequente do envolvimento dos alunos por parte do professor (incentivar, corrigir, monitorizar) (figura 1) e;
- (d) aumenta a produtividade dos alunos (conferir tabela 4).

Tipo de tarefa	2006	2008
Tarefas principais	<p>Algumas estações de radiofusão, com RDP ou a Rádio renascença emitem em AM e em FM.</p> <p>Haverá alguma diferença no som emitido por um tipo de emissão ou pelo outro?</p>	<p>Nas comunicações por telemóvel e via satélite são utilizadas micro-ondas de determinadas faixas de frequências. Em grandes cidades são construídas torres altas que suportam um conjunto de antenas parabólicas de modo a permitir a propagação, ponto a ponto, das micro-ondas acima do topo dos edifícios. Como podemos modelizar esta situação física em laboratório? Porque razão existem várias antenas repetidoras? E um limite para a distância entre elas? Porque é que as antenas se situam a alturas apreciáveis do nível do solo?</p>
Tarefas subsidiárias encaminhavam a execução da tarefa		
Tarefa tipo 1 Formule uma ou mais hipóteses para responder ao problema.	T1 e T7	T1
Tarefa tipo 2 Com este material planeie uma experiência para testar a sua previsão	Não existe	T2
Tarefa tipo 3 Realize a experiência, registe os dados em tabelas e obtenha relações relevantes.	T2 e T4 - realizar a atividade experimental explicitando todos os passos do procedimento	T3 - o professor solicita aos alunos a realização da atividade experimental, solicitando apenas que registe os resultados, tratando-os numa tabela, caso seja necessário
Tarefa tipo 4 Questões pós experimentais para se verificar se aprenderam aspetos específicos com a atividade	T3, T5, T8.1, T8.2, T8.3, T8.4 e T8.5	T4 e T5
Tarefa tipo 5 Tirar conclusões, responder ao problema e discutir se a previsão inicial estava correta e/ou completa	T6; fazer uma breve conclusão sobre a veracidade das hipóteses inicialmente colocada por eles.	T6 e T7 - fazer uma breve conclusão sobre a veracidade das hipóteses inicialmente colocada por eles e explicitar em que medida os resultados experimentais respondem à questão problema formulada inicialmente

Tabela 5.- Tarefas propostas aos alunos em 2006 e 2008.

Desta análise verificou-se que, de um modo geral, a produtividade dos alunos está relacionada com o seu envolvimento na disciplina (tabela 4). Dar maior autonomia aos alunos depende desde logo da conceção da tarefa. Toda a mediação é condicionada pela tarefa e o modo como é colocada. Por

exemplo, comparando-se os excertos da análise de uma NM de 2006 (figura 2) com a análise de uma NM de 2008 (figura 3) verifica-se que o professor em 2006 tem de investir mais no envolvimento dos alunos na tarefa que em 2008 para “compensar” a sua menor qualidade (ver análise da tarefa acima). Além disso, em 2006 o esforço do professor é para desencadear o envolvimento dos alunos e em 2008 o esforço do professor é para potenciar o envolvimento dos alunos e não para o desencadear. Esta diferença deve-se essencialmente ao modo como está concebida a tarefa.

Vamos agora fazer uma análise qualitativa das diferenças na mediação do professor de 2006 para 2008 de forma a podermos identificar de que forma o professor pode manter a tarefa experimental como desafio.

Nas figuras 2 e 3 apresentam-se excertos para ilustrar que nos diferentes anos deste estudo (2006 e 2008), a colocação da tarefa subsidiária para a realização da atividade experimental (tarefa tipo 3 – ver tabela 5) apresenta diferenças nos esforços do professor em dar autoridade aos alunos e em manter a tarefa como desafio em 2008 (figura 3), o que não acontece em 2006 (figura 2).

13:52 – Passei a ler o ponto quatro da folha dois:

4. Pegue agora num circuito modelador e vá até à entrada da Escola. Fale para o microfone desse circuito e quando chegar à sala de aula pergunte aos seus colegas se o ouviram ou não e em que condições.

Figura 5: Questão 4 da folha 2 do protocolo.

13:53 – P: Então vamos fazer essa experiência.

Tenho ai dois rádios, alguém vai ligar os rádios e alguém vai lá fora falar para o microfone, tem de ser alto para se ouvir cá dentro (...)

Cá está o modelador. E um microfonezinho pequeno. No nosso telefone temos que ter um modelador e um desmodelador (...)

Passei a explicar o funcionamento do modelador e do desmodelador, recorrendo ao exemplo do telefone por ser um aparelho muito utilizado no dia-a-dia dos alunos e como tal conseguissem entender mais facilmente a minha explicação.

P: Eu pedi alguém de electrónica que me fizesse uma coisinha destas.

Agora eu pedia a alguém que ligasse ai o rádio.

Quem quer ir lá fora?!

Pode ser aqui perto da Sara. Não me andem ai a mudar a frequência no rádio! (...)

P: Então, quem quer ir lá fora?

A Mafalda e a Ana levantam-se para irem lá fora.

13:56 – Fui lá fora com as alunas para lhes explicar como deviam fazer. Gerou-se um bocadinho de barulho na sala, devido à curiosidade dos alunos.

Pedi às alunas que falassem. Os alunos estão muito divertidos, notou-se que estavam a gostar da actividade.

Na sala os alunos ouviam-me através do rádio. Isto deve-se ao facto de eu falar mais alto que as alunas.

Coding Density

7 EP Disponibiliza Recursos

7 EP Colocação de Tarefa

7 EP Envolve os Alunos na Tarefa

7 P Actos

7 EA Envolvimento na Tarefa

7 EA Envolvimento E

Figura 2.– Excerto da 2ª NM em 2006 e a sua análise feita no NVivo 8®

Estas alterações provocaram um maior envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Assim, os alunos passaram a ter mais

iniciativa e a ter maior produtividade escrita e a ter maior frequência de manuseamento por aula (tabela 4).

Há diversas formas de o professor manter a tarefa como desafio sem deixar de intervir e ajudar os alunos. As formas identificadas neste professor são:

- [A] Indica/manipula recursos para alunos poderem trabalhar de forma autónoma;
- [B] Pede clarificação aos alunos sobre o desafio que estão a abordar;
- [C] Permite que os alunos testem ideias privadas;
- [D] Pede explicações sobre resultados não expectáveis;
- [E] Pede ajuda aos alunos quando pretende avançar ou orientar trabalho dos alunos;
- [F] Incentiva a que os alunos controlem o tempo.

Quando os alunos chegam do intervalo, pedi-lhes para se dirigirem para a mesa das experiências para fazerem a montagem destas.

(10h:10min) O Miguel e a Rita começaram a fazer e eu alertei os outros alunos para observarem os seus colegas na execução da actividade. Solicitei ao Miguel que fosse explicando aos colegas e a estes que reparassem bem para o que se estava a fazer e caso não concordassem, que o mencionassem.

(10h:13min) Professora: O microondas emite a que distância? - fiz esta pergunta no sentido de levar os alunos a reflectirem na posição que devem colocar o emissor de microondas e o receptor. De seguida perguntei como se iriam registar os dados obtidos. Os alunos respondem numa tabela. Pedi: "Então ajudem-me lá a construir a tabela, Como tenho que pôr?"

Com as opiniões dos diversos alunos construí no quadro uma tabela do género:

Placas	Ângulo de incidência	Ângulo de reflexão	Difracção	Absorção	Transmissão
metálica					
preta					
pano					

Tabela 1- tabela construída pela professora no quadro com a ajuda dos alunos, para registo de resultados experimentais

Sugeri aos alunos que fossem registando conforme fossem fazendo.

A Rita foi ao quadro registar o esquema de actuação relativamente aos ângulos entre o emissor e o receptor:

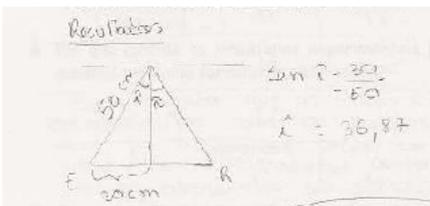


Figura 14: Esquema efectuado pela Rita no quadro com base

Coding Density

7_P_Actos

7_EP_Dar Autoridade aos Alunos

7_EP_Envolve os Alunos na Tarefa

7_EP_Colocação de Tarefa

7_EA_Envolvimento na Tarefa

7_EP_Mantém a Tarefa como Desafio

7_EP_Incentivar o Envolvimento dos Alunos nas Tarefas

Figura 3.- Excerto da 1ª NM de 2008 e a sua análise feita no NVivo 8®.

Na tabela 6 faz-se uma identificação sistemática relativamente às NMs de 2008, das ações do professor para manter a tarefa como desafio.

Alguns excertos dos 14 identificados	Forma do professor manter a tarefa como desafio
Excerto 1 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: Apenas vou ouvindo e incentivando a responderem por si próprios sugerindo que consultem o manual e discutam com os colegas do lado.	[A]
Excerto 2 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: Agora leia o que escreveu e pense um bocadinho... olhe que não o ouço! Porque temos várias antenas em determinadas zonas? Porque temos várias ao longo do caminho?	[B]
Excerto 3 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: É? Vamos lá ver, que ideias há aqui sobre antenas? Vamos lá tirar as ideias importantes, porque como viram as respostas não são todas iguais. E aqui a ala da esquerda respondeu mais completo ou menos que a da direita?	[B]
Excerto 5 da 1ª aula 2008 - 2ª Tarefa: Professora: Vamos clarificar bem a diferença entre absorção e a transmissão... quem e que quer ajudar aí o Rui Ramos?	[B]
Excerto 6 da 1ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Pedi: "Então ajudem-me lá a construir a tabela, Como tenho que pôr?"	[E]
Excerto 8 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Então como é que fazemos?	[E]
Excerto 9 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Uma aluna pergunta se podem experimentar vários ângulos de incidência de radiação. Professora: Podem testar com outros ângulos disse aí alguém... podem testar ou não? Concordaram? Testaram com outros ângulos? O que é que detetaram? Aluno: Testamos... um decréscimo.	[C]
Excerto 10 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Chamei à atenção para não se dispersarem e controlarem o tempo da aula, referindo: Têm de pensar no tempo que têm para fazer as quatro experiências...	[F]
Excerto 11 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Então? O aluno responde que em algumas placas não verificou transmissão. Professora: E porquê? Que é que aconteceu? Quero que me expliquem. Detetou ou não? Transmissão há ou não? Temos que medir porque? Qual é a lógica? Troquem os pólos disse eu. Eu mexi nos aparelhos de emissão e receção de ondas e os alunos disseram que em determinadas posições destes aparelhos, há menos reflexão e noutras posições era mais intensa, verificando assim qual seria a melhor posição para detetar melhor o sinal da onda.[...] Professora: Eu depois quero que me expliquem isso...	[D] e [A]
Excerto 12 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Não percebi o que vocês estão a dizer, clarifiquem-me lá... ponha Rita força! Agora façam lá, contem-me lá qual é a vossa história... Os alunos indicam que vão aumentar a distância do emissor e do recetor e outro aluno afirma que dessa maneira está muito longe e não apanha nada. Professora: Está muito longe porquê?	[B]
Excerto 14 da 3ª aula 2008 - 6ª Tarefa: Professora: Não é justificar isto Sara? É ver em que medida a sua experiência modelizou, criou um modelo ou serviu para justificar o problema...	[B]

Tabela 6 – Análise das formas do professor manter a tarefa como desafio em excertos significativos das três NM de 2008.

As formas mais frequentes do professor deste estudo manter a tarefa como desafio são as [A] e [B]. A forma [A] é mais frequente no início da

tarefa e não está relacionada apenas com a manipulação de equipamento experimental. Trata-se de uma forma de garantir que os alunos progressivamente apropriem o desafio e o possam manejar. Os excertos relativos a esta forma de manter a tarefa como desafio permitem-nos salientar que em certas condições o professor tem de manipular os recursos (neste caso equipamento) para que os alunos possam usar de forma mais proficiente. A forma [B] ocorre ao longo da execução de toda a atividade. É a forma mais frequente neste professor de manter a tarefa como desafio. Trata-se de induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática. As formas [C] e [D] são claramente pontuais. As formas [E] e [F] são recursos retóricos para devolver iniciativa aos alunos e são menos frequentes.

Discussão, conclusões e implicações

Este estudo permitiu identificar dez categorias que tornam possível caracterizar o esforço do professor para envolver os alunos, quatro categorias para caracterizar o envolvimento dos alunos e três categorias para caracterizar a sua produção. Este sistema de categorias resultou da análise de sete aulas, e foi utilizado nas mesmas sete aulas e, em princípio, pode ser usado para outros professores e para outras áreas disciplinares pois essas categorias não dizem respeito a características específicas desta disciplina, deste professor, ou destes alunos, embora tenham sido obtidos no contexto do trabalho experimental, nesta disciplina, com este professor e com estes alunos.

Muitos autores têm chamado a atenção para a importância que o trabalho experimental pode ter no envolvimento e consequentemente na aprendizagem dos alunos (Cachapuz, 2000; Hart et al., 2000). No entanto, às vezes é reduzido a uma série de instruções que os alunos acabam por realizar de forma quase mecânica (tipo *receita*) (Lopes, 2004), sem sequer estabelecerem, de uma forma consciente, a ligação aos saberes em desenvolvimento. Neste estudo, verifica-se que esse facto está relacionado com a formulação e colocação da tarefa e a mediação do professor. Se a tarefa for demasiado orientada, explicitando todos os passos que os alunos devem executar (aumentando na prática o número de tarefas e diminuindo, por isso a autonomia dos alunos), os alunos não assumem tanta responsabilidade. Ao contrário, se o tipo e número de tarefa permitir autonomia aos alunos e tiver carácter de desafio, estes envolvem-se na tarefa e os indicadores de produtividade aumentam. Estes resultados estão concordantes com Reiser (2004) segundo o qual o professor deve encorajar os alunos a pensar e trabalhar sem a sua influência direta. Permitiu ainda verificar que para que aqueles esforços tenham lugar, é necessário um cuidado no desenho da tarefa e uma atitude crítica do professor relativamente à sua mediação.

Por outro lado, a literatura (Cachapuz et al., 2001; Reigosa e Jiménez-Aleixandre, 2001) aponta no sentido de o trabalho experimental dever ser encarado de uma forma mais dinâmica, livre e empolgante com base na resolução de problemas relacionados à vida quotidiana. Desta forma seria possível trabalhar outro tipo de competências eficazmente, como por exemplo, os procedimentos e cuidados laboratoriais necessários (Myers e Burgess, 2003; Neumann e Welzel, 2007). Este estudo permitiu identificar

que não basta que a tarefa inicial tenha o carácter de desafio. É sabido que a prática docente tende a atomizar o trabalho dos alunos (Lopes et al., 2010) aumentando o número de tarefas específicas subsidiárias da tarefa inicial. Esta tendência retira autonomia e responsabilidade aos alunos, dois aspetos identificados por Engle e Conant (2002) como fundamentais para promover o envolvimento produtivo. O nosso estudo identificou claramente que os aspetos mais importantes para envolver de forma produtiva os alunos no contexto da prática docente são: (a) permitir que os alunos executem as tarefas de forma autónoma e responsável, concedendo-lhes mais autoridade e dando-lhes incentivos para se envolverem produtivamente, (b) manter a tarefa, ao longo da sua execução, como desafio. Estes dois aspetos favorecem o envolvimento dos alunos e por consequência os indicadores de produtividade aumentam, e diminui a necessidade de o professor corrigir o envolvimento dos alunos. A autonomia e responsabilidade são facilitadas pela forma como é concebida a tarefa e posteriormente é colocada. Com efeito, estudo recente (Lopes et al., 2008) mostrou, que o modo como o professor coloca a tarefa e o modo como faz a mediação da aprendizagem dos alunos pode modificar os objetivos iniciais da tarefa, nomeadamente o seu carácter de desafio. Os resultados deste estudo mostram que uma tarefa facilita autonomia, se for formulada com clareza: [(a) quanto à clareza do desafio, (b) aos objetivos, (c) e ao produto a obter pelos alunos]. Além disso, o estudo mostrou que a redução do número de tarefas subsidiárias aumenta a autonomia e responsabilidade dos alunos.

A questão de manter a tarefa como desafio depende como a mediação do professor é feita.

O nosso estudo identificou seis formas de o professor manter a tarefa como desafio. Uma delas (indica/manipula recursos para alunos poderem trabalhar de forma autónoma) é concordante com o trabalho de Engle e Conant (2001) no sentido em que fornecer recursos é fundamental para os alunos se envolverem, mas neste estudo fica claro que o professor tem de, por vezes, manipular os recursos para que os alunos possam utilizá-los com mais proficiência. As restantes apontam-nos para aspetos interessantes a explorar em futuros estudos e que podem ser agrupados em dois: recursos retóricos para devolver iniciativa aos alunos; induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática, solicitando-lhes clarificações.

Em resumo, as características da mediação do professor mais relevantes para promover o envolvimento dos alunos na aula de modo produtivo foram essencialmente, dar autoridade aos alunos e manter a tarefa como desafio. A formulação da tarefa pode facilitar a mediação do professor e para isso deve obedecer a dois requisitos fundamentais: clareza (desafio, objetivos e produtos); permitir autonomia (desenhando convenientemente a tarefa e diminuir o número de tarefas subsidiárias). O envolvimento produtivo dos alunos neste estudo evidencia-se na produção escrita, oral e manuseamento de material no trabalho experimental. A manutenção da tarefa como desafio pelo professor é conseguida, essencialmente, quando este: (a) indica/manipula os recursos apropriados para os alunos os usarem de forma mais proficiente; (b) induz os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática solicitando-lhes clarificações. Por vezes,

também é conseguida quando utiliza recursos retóricos para devolver a iniciativa aos alunos.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio à FCT pelo projeto PTDC/CPE/112303/2009.

Referências bibliográficas

Almeida, A. (1995). *Trabalho experimental na educação em ciência: epistemologia, representações e práticas dos professores*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Alonso-Tapia, J. (1999). Qué podemos hacer los profesores universitarios por mejorar el interés y el esfuerzo de nuestros alumnos por aprender?. Em Ministerio de Educación y Cultura (Ed.), *Premios Nacionales de Investigación Educativa 1998* (pp. 151-187). Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.

Alonso-Tapia, J., e A. Pardo (2006). Assessment of learning environment motivational quality from the point of view of secondary and high school learners. *Learning and Instruction*, 16(4), 295-309.

Biggs, J. (1999). *Teaching for Quality Learning at University*. Buckingham, UK: Open University Press.

Bloome, D.; Puro, P. e E. Theodorou (1989). Procedural Display and Classroom Lessons. *Curriculum Inquiry*, 19(3), 265-91.

Böhm, A. (2004). Theoretical coding: Text analysis in grounded theory. Em U. Flick, E. von Kardorff, e I. Steinke (Eds), *A Companion to Qualitative Research* (pp 270-274). London: SAGE.

Cachapuz, A. (2000). *Perspectivas de Ensino, Coleção Formação de Professores-Ciências, Textos de Apoio nº1*. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência.

Cachapuz, A.; Praia, J.; Gil-Pérez, D.; Carrascosa, J. e I. Martínez-Terrades (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico do conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1), 155-195.

Cohen, L.; Manion, L. e K. Morrison (2010). *Research Methods in Education* (6th ed.). London: Routledge.

Danish, J.A. e N. Enyedy (2007). Negotiated representational mediators: How young children decide what to include in their science representations. *Science Education*, 91(1), 1-35.

Day, C. (1999). *Developing teachers: The challenges of lifelong learning*. Londres: Falmer.

Dias, P. (2004). Processos de aprendizagem colaborativa nas comunidades online. Em *E-Learning para E-Formadores* (pp. 20-31). Guimarães: TecMinho.

Donnelly, J. (1998). The place of the laboratory in secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, 20(5), 585-596.

Engle, R.A. e F.R. Conant (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.

Felder, R.M. (2004). Teaching engineering at a research university: problems and possibilities. *Educación Química*, 15(1), 40-42.

Felder, R.M. e R. Brent (1999). How to improve teaching quality. *Quality Management Journal*, 6(2), 9-21.

Felder, R.M. e L.K. Silverman (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.

Fredricks, J.; Blumenfeld, P.C. e A.H. Paris (2004). School engagement: potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.

Gil-Pérez, D.; Furió-Más, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Guisasola, J.; González, E., Dumas-Carré, A.; Goffard, M. e A. Pessoa (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.

Gott, R. e S. Duggan (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.

Harrison, C.; Hofstein, A.; Eylon, B.-S. e S. Simon (2008). Evidence-based professional development of science teachers in two countries. *International Journal of Science Education*, 30(5), 577-591.

Hart, C.; Mulhall, P.; Berry, A.; Loughran, J. e R. Gunstone (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-75.

Hoadley, C.M. e M.C. Linn (2000). Teaching science through online, peer discussions: Speakeasy in the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 839-857.

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2) 115-135.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.

Hofstein, A.; Navon, O.; Kipnis, M e R. Mamlok-Naaman (2005). Developing students' ability to ask better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 791-806.

Knuuttila, T. (2005). Models, Representation, and Mediation. *Philosophy of Science*, 72(5), 1260-1271.

Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. Un ejemplo sobre la permeabilidad del suelo. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 47-56.

Lock, R. (1998). Fieldwork in life sciences. *International Journal of Science Education*, 20(6), 633-642.

Lopes, J.B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Lopes, J.B.; Cravino, J.P.; Branco, M.J.; Saraiva, E. e A.A. Silva (2008). Mediation of student learning: dimensions and evidences in science teaching. *Problems of Education in 21st Century*, 9, 42–52.

Lopes, J.B.; Silva, A.A.; Cravino, J.P.; Viegas, C.; Cunha, A.E.; Saraiva, E.; Branco, M.J.; Pinto, A.; Silva, A. e C.A. Santos (2010). *Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Mariotti, M. A. (2000). Introduction to Proof: The Mediation of a Dynamic Software Environment. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1-2), 25-53.

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction a User's Manual*. New Jersey: Prentice-Hall.

McNiff, J., e J. Whitehead (2002). *Action Research: Principles and Practice*. London and New York: Routledge.

Melo, Edina S. (2011). Atividades experimentais na escola. *P@rtes – A sua Revista Virtual*, fevereiro 2011. ISSN 1678-8419.

Mestre, J.P. (2001). Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers. *Physics Education*, 36(1), 44-51.

Myers, M.J. e A.B. Burgess (2003). Inquiry-Based Laboratory course improves students' Ability to Design Experiments and interpret Data. *Advances in Physiology Education*, 27(1), 26 -33.

Neumann, K. e M. Welzel (2007). A new labwork course for physics students: Devices, methods and research projects. *European Journal of Physics*, 28(3), 61-69.

Nordmann, A. (2006). Collapse of distance: epistemic strategies of science and technoscience. Em F. Collin (Ed.), *Danish Yearbook of Philosophy* (pp. 7-34). London: Museum Tusculanum Press.

Pallof, R. e K. Pratt (2002) *Construindo comunidades de aprendizagem no ciberespaço: estratégias eficientes para salas de aula on-line*. Porto Alegre: ARTMED.

Pardo, A. e J. Alonso-Tapia (1990). *Motivar en el aula*. Madrid: Universidad Autónoma.

Pedrosa de Jesus, H.; Teixeira-Dias, J. e M. Watts (2003). Questions of chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(8), 1015-1034.

Perrenoud, P. (2003). *Porquê construir competências a partir da escola?* (F. Alves, Trans. 2^a ed.). Porto: ASA Editores, S.A.

Ponte, J.P. (2003). O ensino da Matemática em Portugal: Uma prioridade educativa? Em *O Ensino da Matemática: Situação e Perspectivas*, (pp. 21-56). Lisboa: Conselho Nacional de Educação.

Redish, E.F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. USA: John Wiley e Sons, Inc.

Redish, E.F. e R.N. Steinberg (1999). Teaching physics: figuring out what works. *Physics Today*, 52(1), 24-30.

Reigosa, C. e M.-P. Jiménez-Aleixandre (2001). Deciding how to observe and frame events in an open physics problem. *Physics Education*, 36(2), 129-134.

Reigosa, C. e M.-P. Jiménez-Aleixandre (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: difficulties hindering students' assumption of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29(3), 307-329.

Reiser, B.J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.

Reveles, J.; Kelly, G. e R. Durán (2007). A sociocultural perspective on mediated activity in third grade science. *Cultural Studies of Science Education*, 1(3), 467-495.

Richter, T. e S. Schmid (2010). Epistemological beliefs and epistemic strategies in self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 5(1), 47-65.

Rizzo, A. (2003). Activity centred professional development and teachers' take-up of ICT. Em A. McDougall, J. S. Murnane, C. Stacey, e C. Dowling (Eds.), *ICT and the Teacher of the Future* (Vol. 23). Apresentado na International Federation for Information Processing Working Groups 3.1 and 3.3 Working Conference, Melbourne: Australian Computer Society Inc.

Saraiva-Neves, M.; Caballero, C. e M.A. Moreira (2006). Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(3), 383-401.

Silva, J. (2001). *Concepções e práticas dos professores relativas ao trabalho experimental no ensino da Física* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro.

Schön, D.A. (1983). *The reflective practitioner: How professional think in action*. USA: Basic Books.

Scott, P.H.; Mortimer, E.F. e O.G. Aguiar (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631.

Tiberghien, A. e C. Buty (2007). Studying science teaching practices in relation to learning: Time scales of teaching phenomena. Em R. Pintó e D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Research* (pp 59-75). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Valero, P. (2002). The myth of active learner: from cognitive to social-political interpretations of students in mathematics classrooms. Em P. Valero e O. Skovsmose (Eds.), *Proceedings of the third International Mathematics Education and Society Conference* (pp. 489-500). Copenhagen: Centre for Research in Learning Mathematics.

van de Pol, J.; Volman, M. e J. Beishuizen (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271-296.

Viegas, M.C. (2010). *Identificar e testar factores de eficácia no sentido de melhorar as práticas de ensino de física em engenharia no ensino superior* (Tese de Doutoramento). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

Vygotsky, L.S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. (P. Bezerra, Trad.). São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora, Lda.

Walberg, H.J.; Fraser, B. e W. Welch (1986). A test of a model of educational productivity among senior high school students. *Journal of Educational Research*, 79(3), 133-139.

Watson, R. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.