



Práticas de ensino para o envolvimento e as práticas epistémicas dos alunos no trabalho experimental

Teaching practices for students' involvement and epistemic practices in experimental work

Ana Edite Cunha

Escola S/3 de S. Pedro, Vila Real, Portugal
anaedite1@sapo.pt

J. Bernardino Lopes

Departamento de Física, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal
Centro de Investigação "Didática e Tecnologia na Formação de Formadores" (CIDTFF), Aveiro, Portugal
blopes@utad.pt

Resumo:

Estudou-se a prática de um professor, no contexto do trabalho experimental, em aulas de ciências físicas. Foi seguida uma metodologia de investigação longitudinal de natureza qualitativa. A análise dos dados foi feita levando em conta as dimensões determinadas pela análise teórica. As alterações na mediação do professor foram suficientes para ter consequências nas práticas epistémicas (PE) dos alunos e no seu envolvimento produtivo. Os resultados mostram que as características da mediação do professor mais relevantes para promover o envolvimento produtivo dos alunos são a autoridade dada aos alunos e a manutenção da tarefa como um desafio.

Palavras-chave: Trabalho experimental; mediação; envolvimento produtivo; tarefa; práticas epistémicas.

Resumen:

Se estudió la práctica de un profesor, en el contexto del trabajo experimental, en clases de ciencias físicas. Se siguió una metodología de investigación longitudinal de naturaleza cualitativa. El análisis de los datos se hizo teniendo en cuenta las dimensiones determinadas por el análisis teórico. Los cambios en la mediación del profesor fueron suficientes para tener consecuencias en las prácticas epistémicas (PE) de los alumnos y en su implicación productiva. Los resultados muestran que las características de la mediación del profesor más son la autoridad dada a los alumnos y el mantenimiento de la tarea como un desafío.

Palabras claves: Trabajo experimental; la mediación; participación productiva; tarea; prácticas epistémicas.



Abstract:

The practice of a teacher, in the context of experimental work, was studied in physical science classes. A qualitative longitudinal research methodology was followed. The analysis of the data was made taking into account the dimensions determined by the theoretical analysis. The changes in teacher mediation were enough to have consequences in the students' epistemic practices and in their productive involvement. The results show that the characteristics of teacher mediation most relevant to promoting productive involvement of students are the authority given to students and the maintenance of the task as a challenge.

Keywords: Experimental work; mediation; productive involvement; assignment; epistemic practices.

Introdução

A mediação do professor, em sala de aula, deve ter certas características de modo a levar os alunos a envolverem-se produtivamente (Cunha et al., 2012a; Cunha, 2017b) na realização das tarefas. Se a mediação do professor tiver traços de mediação como sejam a monitorização sistemática do envolvimento dos alunos e a permissão para os alunos tomarem a iniciativa concomitantemente, os alunos envolvem-se produtivamente na tarefa. Além disso, deve-se evitar o contrário como seja, retirar autoridade aos alunos e não manter a tarefa como desafio, pois diminui de forma notória, podendo até eliminar, o envolvimento produtivo (Lopes et al., 2012a). Por outro lado, se o professor dá muita informação para os alunos sobre a tarefa, dá respostas imediatas às perguntas dos alunos, pode levar a situações de não-envolvimento ou reduzido envolvimento produtivo (Cunha et al., 2012a; 2014; Lopes et al., 2012a).

As principais características da mediação para promover o envolvimento dos alunos de modo produtivo são dar autoridade aos alunos, e manter a tarefa como desafio, partindo do princípio que a tarefa foi concebida e colocada como desafio.

Um professor pode ter várias maneiras de manter a tarefa como desafio, como sejam: manipular os recursos para os alunos os poderem usar eficazmente; induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática solicitando-lhes clarificações e várias formas de dar autoridade aos alunos: permitir que os alunos realizem as tarefas com autonomia e responsabilidade, e dar incentivos para se envolverem produtivamente (Lopes et al., 2017). Os alunos têm um controlo das suas ações, se os alunos souberem o que procuram e que ações necessitam executar para alcançar a resposta a uma questão ou um problema (Lopes et al., 2008). Se o trabalho dos alunos for encarado de modo mais aberto, onde os alunos têm maior liberdade nas suas ações, os alunos envolver-se-ão mais produtivamente fazendo emergir práticas epistémicas. No ensino, por prática epistémica entende-se o trabalho que o aluno faz para realizar uma tarefa com vista à construção do conhecimento científico, tendo como referência a atividade dos cientistas. Para se envolver o aluno numa prática epistémica, este precisa de mobilizar conhecimento prévio e construir conhecimento científico.



As práticas epistémicas devem ser induzidas e aprimoradas pelo professor, mesmo aquelas que, em alguns casos, ocorrem “espontaneamente”.

O estudo da mediação do professor na sala de aula, durante a realização das tarefas permite a identificação e descrição das características de ações de mediação de professores, que são determinantes para promover o envolvimento produtivo dos alunos (Cunha et al., 2012a; Cunha, 2015; Lopes et al., 2012a; Lopes et al., 2008). Um número razoável de tarefas relevantes, apresenta-se como um desafio para os alunos e se for bem gerido na sala de aula pode melhorar a mediação do professor, especialmente em termos de concessão de autonomia dada aos alunos, que têm influência direta sobre o seu envolvimento produtivo.

Um professor com mais experiência é mais consistente na sua mediação ou seja, concede e mantém a autoridade dada ao aluno, não dá informação constante sobre a realização da tarefa e corrige e monitoriza o envolvimento do aluno. Coloca a tarefa como um desafio para os alunos e mantém-na sempre como um desafio, fornece recursos para a realização da tarefa, envolve os alunos na tarefa, incentiva o envolvimento dos alunos, estimula a problematização e acompanha sistematicamente o envolvimento dos alunos, sem remover a autoridade. É importante a mediação do professor e as suas ações associadas a um maior envolvimento produtivo dos alunos, onde os produtos das tarefas são de todos os tipos (oral, escrita e ações) e todos estão relacionados com o uso eficaz da tarefa. (Cunha et al., 2012a; 2012b; Cunha, 2015; Lopes et al., 2008; 2012a; Lopes, Cravino; Silva & Viegas, 2012b).

O projecto e a execução do trabalho experimental têm um papel preponderante no envolvimento produtivo dos alunos.

Quando o trabalho experimental é entendido de modo mais aberto (Silva, 2001), os alunos são incentivados a reflectir, adquirir o conhecimento científico por si próprios, avaliando a sua atuação; pois neste caso têm mais liberdade nas suas acções. Por outro lado, se a execução da tarefa for fechada, um processo de natureza estática e com uma sequência determinada, com etapas bem definidas, permitindo que a recolha e análise de resultados experimentais, apenas vá ao encontro da elaboração de conclusões, (Silva, 2001), o professor não permite a autonomia aos alunos, fazendo um papel orientador e coordenador (Cunha, 2017b).

Se houver envolvimento disciplinar produtivo (Engle & Conant 2002) é possível acompanhar o desenvolvimento do aluno na sua aprendizagem passo a passo de ideias novas e da compreensão, fazendo os ajustes necessários, onde a aprendizagem constitui um processo cognitivo e social simultaneamente. O envolvimento é produtivo porque fomenta o progresso intelectual. A discussão dos alunos permite-lhes a colocação de novas questões, orientando-os ajudando-os a reconhecer confusões, ligar novas ideias, projectar as suas tarefas com vista a um dado objectivo. Os seus argumentos tornam-se cada vez mais sofisticados (Engle & Conant, 2002).



Problema de investigação

O problema de investigação foi de forma a que a qualidade das práticas de ensino em sala de aula de um professor de Ciências Físicas se manifeste no desenho das tarefas experimentais e na mediação do professor em sala de aula de modo a influenciar a qualidade das aprendizagens dos alunos designadamente em termos do seu envolvimento nas tarefas e nas práticas epistémicas.

Em particular, procurou responder-se às seguintes questões de investigação:

1. Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?
2. Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

Metodologia

Este estudo do caso consiste na intervenção implementada a partir de uma abordagem em Física e Química A do Ensino Secundário: caso do professor investigador e das suas turmas ao longo do tempo. Assumiu uma dinâmica de investigação-ação procurando valorizações incrementais, fundamentadas na ação e na reflexão, ao longo do tempo. Esta intervenção do professor foi feita de modo incremental ao longo de dez anos sucessivos desde 2005/2006 a 2011/2012 com atuação em sala de aula nos anos de 2005/2006, 2007/2008 e 2011/2012 em turmas, do 10º e 11º anos de escolaridade, alternando-se conforme o ano que o professor estivesse a leccionar aquando da recolha de dados. O estudo foi feito numa Escola da região de Trás-os-Montes onde a classe socioeconómica dos alunos é maioritariamente média/superior. Este estudo de caso também foi desenvolvido no seio de uma comunidade colaborativa de mais duas colegas que lecionavam a mesma disciplina, e com as respetivas turmas de alunos. As colegas que colaboraram nas reflexões com o professor do estudo leccionavam noutras Escolas da região de Trás-os-Montes e aos mesmos anos de escolaridade.

Deste modo, fez-se o desenho, a implementação e a avaliação de um currículo (tarefas e traços de mediação) de Física e Química para o Ensino Secundário, baseado na execução do trabalho experimental na componente de Física, leccionado nos 10º e 11º anos de escolaridade, durante 10 anos consecutivos, tendo como alicerce a mediação do professor, de modo a que os alunos se envolvessem produtivamente nas tarefas e fosse possível promover práticas epistémicas de qualidade.

A extensão do estudo pelos dez anos deveu-se à sua natureza, pois tratou-se de uma construção incremental (Chang 2005; Crouch & Mazur, 2001), que decorreu ao longo do tempo. Durante a execução deste trabalho foram feitas reflexões da atuação do professor (pelo professor do estudo e pelas colegas, critical friends que concordaram em refletir sobre as aulas) e posterior alteração, quando necessário numa procura de ideias, testagem e



incorporação de novas ideias e soluções, caso se revelassem produtivas. Este é um percurso bem entendido à luz de um trabalho de investigação-acção com 2 ciclos de iteração (Kemmis, 1989; McNiff & Whitehead, 2006).

Para se fazer a análise das ações da mediação do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos, consideraram-se três dimensões de análise das NM 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. Também a partir de cada NM se identificaram variáveis relativas às evidências das práticas epistémicas dos alunos durante a execução da tarefa na aula (trabalho experimental) e dos esforços do professor para induzir essas práticas epistémicas. Usando-se o software de análise qualitativa (NVivo 8®) e através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. 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 pode ser categorizado 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. A unidade de análise considerada foi a interação. As dimensões de análise derivam da revisão da literatura nomeadamente, (Lopes 2004) e as categorias de análise operacionalizam as dimensões de análise e derivam também da revisão da literatura (Lopes 2004 e Lopes et al., 2008).

Resultados

Para identificarmos as relações dos esforços do professor e o envolvimento produtivo dos alunos fez-se uma análise de clusters cujo resultado está na figura 1.

A análise de cluster (Krippendorff, 2004) agrupa os episódios de acordo com as semelhanças em termos das variáveis que caracterizam o esforço do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos e as variáveis que caracterizam esse envolvimento produtivo dos alunos. Esta análise de cluster gera um diagrama de árvore (figura 1), onde podem ser encontrados os conjuntos de episódios que têm grandes semelhanças entre si em termos das variáveis que os caracterizam. As características de cada grupo são obtidas por cruzamento de análise de cada grupo do diagrama de árvore com a matriz episódios versus variáveis relativas às ações do professor e envolvimento produtivo dos alunos. Desta forma, foi possível identificar em que é que a mediação do professor influencia o envolvimento produtivo dos alunos, e comparar a sua evolução a partir de 2006 até 2012.

A partir de cada grupo de clusters pode-se identificar um padrão de relações entre as variáveis dos esforços do professor e o envolvimento produtivo dos alunos. Nesta análise considerou-se como unidade de análise o episódio ou seja, o conjunto de interações entre a apresentação de uma tarefa até à apresentação de nova tarefa.

Através da figura 1 podemos ver quatro grandes grupos: o grupo I composto por A1 e A2.1 e A2.2; o grupo II composto por B; o grupo III composto por C1.1 e C1.2; C2.1 e C2.2 e C2.3; e outro composto por grupos D1 e D2.

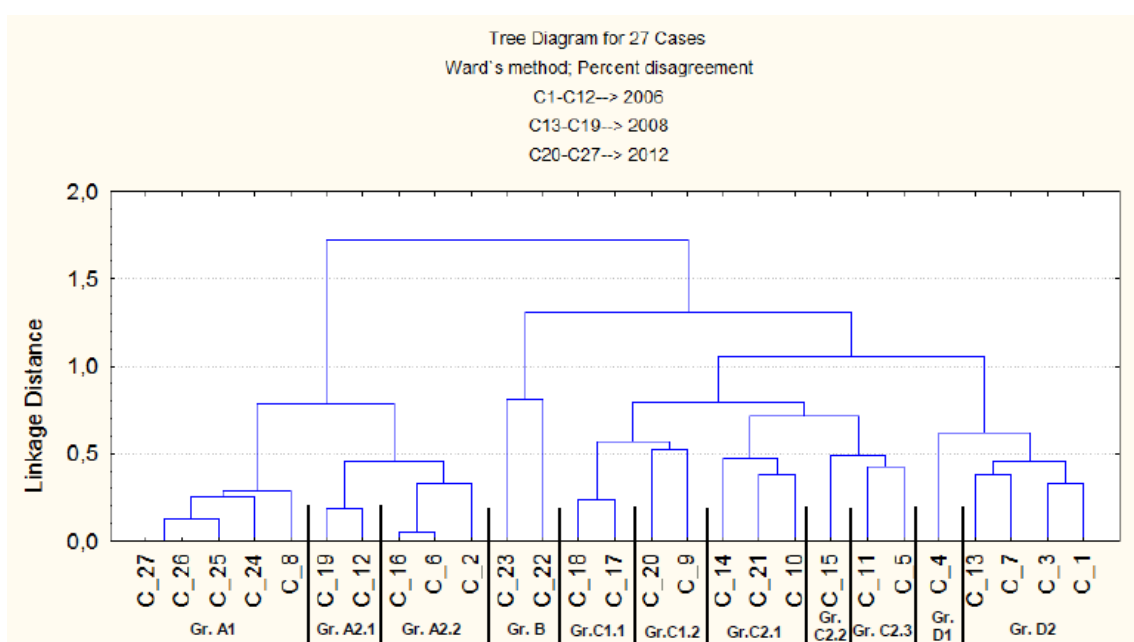


Figura 1: Efeitos dos esforços do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos durante um episódio.

Assim, o cluster A1 tem características absolutamente distintas dos outros grupos. É claro que o conjunto de variáveis que caracterizam o esforço do professor e o envolvimento dos alunos no grupo A1 é diferente: apenas uma variável para caracterizar o esforço do professor (o menor número entre todos os clusters) -apresentar tarefa desafio.

Para identificar algumas relações entre os esforços do professor para promover PE nos alunos e a promoção de PE nos alunos durante um episódio foi utilizada a mesma análise de clusters. A análise de cluster segundo Krippendorff, (2004) também agrupa os episódios de acordo com as semelhanças em termos das variáveis que caracterizam o esforço do professor para promover as PE e as variáveis que caracterizam as PE dos alunos. Esta análise de cluster gera um diagrama de árvore (figura 2), onde podem ser encontrados os conjuntos de episódios que têm grandes semelhanças entre si em termos das variáveis que os caracterizam. As características de cada grupo são obtidas do mesmo modo que para o envolvimento. Desta forma, foi possível identificar em que é que a mediação do professor influencia a qualidade de PE dos alunos, e comparar a sua evolução a partir de 2006 até 2012.

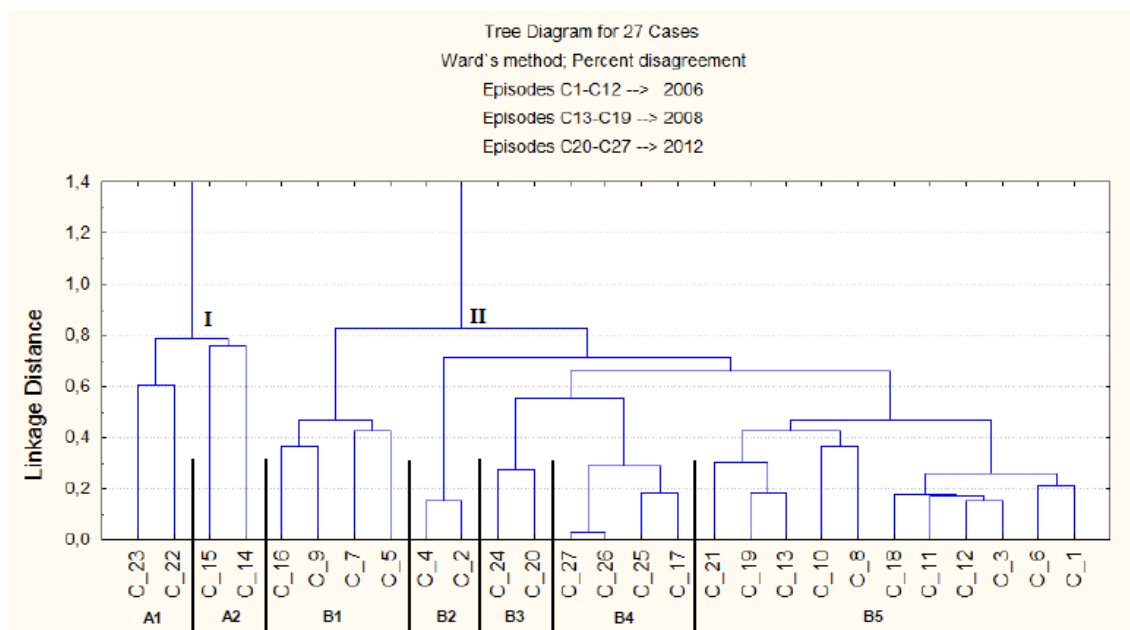


Figura 2: Efeitos dos esforços do professor para promover as PE dos alunos durante um episódio.

Através da figura 2, podemos ver dois grandes grupos com grande afastamento entre si: o grupo I composto por dois pequenos grupos A1 e A2 e outro grupo II composto por cinco grupos pequenos B1 a B5.

Assim, os grupos A1 e o A2 têm características absolutamente distintas dos restantes. É claro que o conjunto de variáveis que caracterizam o esforço do professor e as PE dos alunos no grupo A1 é diferente: sete variáveis para caracterizar o esforço do professor (o maior número entre todos os clusters e duas variáveis desses grupos, como por exemplo: - apresentar tarefa desafio e outro); 13 variáveis para caracterizar as PE dos alunos associadas a estes tipos de esforço do professor (o maior número entre os 7 clusters e 6 deles exclusivo deste cluster). Ou seja, este tipo de esforço do professor está associado à maior diversidade (e quantidade) de PE dos alunos, distribuídos pelos três tipos de solicitação epistémica.

O cluster B5 é representante da metade dos episódios em 2006 e quase os mesmos episódios em 2008 e em 2012. Assim, este conjunto representa a mediação base (isto é, os traços característicos da mediação do professor independentemente das circunstâncias) do professor em estudo (centrado nas variáveis tarefa desafio e solicita aspectos adicionais). Na mediação base (cluster B5) nos episódios respectivos, o esforço do professor pode ser caracterizado apenas por duas variáveis e as PE dos alunos associadas ao esforço do professor têm uma pequena diversidade de PE, apesar de sua distribuição pelos três tipos de solicitação epistémica. O cluster B5 é o único em que não aparecem na PE dos alunos a introdução e uso de mediadores.



Assim, em síntese, o conjunto B5 representa a linha de base da mediação dos episódios do professor, na medida em que é a mais usada por este: (a) começam com uma tarefa desafio, (b) há pedidos adicionais pelo professor para a tarefa; e o tipo de PE dos alunos pode ser associado a estes esforços (pequena variedade de PE).

Discussão

A manipulação de recursos para os 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. O apoio e a autoridade dada aos alunos durante o seu trabalho (no caso experimental ou simulação computacional) (Engle & Conant, 2002; Reiser, 2004) são fulcrais para que este se envolva verdadeiramente na sua aprendizagem. O esforço do professor para epistemologicamente valorizar o trabalho dos alunos não se resume a provocar a sua emoção ou a motivá-los. É claro que esta ação docente tem o potencial de envolver o aluno produtivamente (Engle & Conant, 2002).

Os papéis que alunos e professores têm na aula, a forma como apresentam as tarefas e o tipo de suporte dado, é de crucial importância para perceberem a oportunidade de os alunos se envolverem em trabalho realmente produtivo. É muito importante que os professores tenham em conta a contextualização promovida durante a aprendizagem para que durante o trabalho com os alunos, eles possam de facto perceberem a pertinência do que estão a desenvolver (Cunha, 2017a; Lopes, 2017).

Genericamente pode-se afirmar que os nossos resultados estão de acordo com a literatura. No entanto, se olharmos em pormenor verificamos algumas diferenças que na actuação do professor que fazem envolver os alunos na tarefa e na construção do seu conhecimento científico.

Existem na literatura referências significativas sobre o ensino e a promoção de práticas epistémicas (e.g., Engle & Conant, 2002; Lopes et al., 2012; Cunha, 2017a) que mostram quão importantes são essas práticas na qualidade das aprendizagens. Se for o aluno a interpretar o problema, identificar as condições empíricas e modelizar a situação física para o tentar resolver facilita a evolução no seu estado de conhecimento e assim é mais produtivo em termos epistémicos (Lopes et al., 2017).

Ao tornar o aluno um sujeito epistémico (Lopes, 2004), concedendo-lhe um papel de construtor do seu próprio conhecimento, o professor estará a facilitar que ele possa desenvolver a sua aprendizagem. Essa percepção torna-se mais clara para o aluno, se for ele a interpretar o problema, identificar as condições empíricas e modelizar a situação física para o tentar resolver (Lopes, 2004). Pesquisas anteriores descobriram que as experiências de aprendizagem fornecidas são importantes para o desenvolvimento de competências dos alunos e certas dimensões da prática docente, em particular a aprendizagem experiente fornecida em termos de práticas epistémicas, (Lopes, 2017) está associada com o desenvolvimento de



certas competências. Neste estudo, foi relacionado o que o professor faz com a qualidade das PE dos alunos.

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, Lopes (2004). 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.

As cinco categorias de análise, que se destacam por explicarem melhor os esforços do professor e que tiveram maior impacte nas PE dos alunos e também tiveram maior evolução ao longo do tempo deste estudo são: (a) sintetiza, (b) solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; (c) valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; (d) explícita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer; e (e) introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual.

Como o comportamento de sinalizar e registar o caminho é uma característica de sistemas inteligentes (Le Moigne, 2007) o esforço do professor para valorizar epistemologicamente é um atributo importante de mediação do professor para explicitar as intenções epistemológicas de alunos e professores. Esse atributo pode ser um importante meio para melhorar a eficácia do professor (Cunha, 2017a; Lopes, 2017), tornando explícitos os objetivos de aprendizagem, não só em termos de resultados finais, mas especialmente durante a aprendizagem, e em particular, durante actividades experimentais.

Conclusões

Da análise realizada verificou-se que a mediação do professor que promove o envolvimento produtivo do aluno foi sendo alterada de modo positivo ao longo das três intervenções, sendo que o salto mais eficaz foi o de 2008 a 2012, que o professor promove envolvimento mais produtivo nas vertentes de escrita, oral e de manuseamento. As características desses esforços do professor foram-se alterando ao longo dos anos do estudo melhorando sucessivamente de 2006 para 2008 e de 2008 para 2012 cujos incrementos de mediação correspondem em valor aos incrementos no envolvimento dos alunos.

Dos esforços do professor que mais salientam na melhoria do envolvimento dos alunos na tarefa são: manter a tarefa como desafio nos seus variados modos, dar autoridade aos alunos, incentivar a problematização e incentivar o envolvimento na tarefa.

A mediação do professor tem uma forte ligação com a actividade epistémica dos alunos durante a realização da actividade experimental. A qualidade e quantidade das PE dos alunos aumenta ao longo dos anos de intervenção e está muito ligada com a formulação das tarefas



e das alterações na mediação do professor ao implementar essas tarefas, mesmo que essas alterações sejam mínimas.

Os traços de mediação “introduzir e usar artefacto”, “valorizar epistemicamente” e “explicitar epistemicamente” são indicadores de intencionalidade epistémica do professor. A sua incorporação nas práticas de ensino foi progressiva. Só em 2012 é que estes traços estiveram simultaneamente presentes. Além disso, aqueles traços são fundamentais para haver mudança qualitativa na mediação do professor com impacte nas PE dos alunos.

Mesmo que os professores não consigam efectivamente integrar todos os esforços de promoção de PE nas suas aulas, em geral, quanto mais esforços conseguem integrar nas suas práticas de mediação, maior é a possibilidade de promover nos seus alunos mais PE e de melhor qualidade consequentemente mais aprendizagens de qualidade.

Assim, podemos concluir que qualquer modificação na mediação carece de um período de ajuste, não só de adequação ao contexto em causa, na procura de situações relevantes a estudar para desenvolver as PE e envolvimento produtivo dos alunos e procura das melhores formas de as pôr em prática.

A tarefa desafio ao longo do tempo provoca reacções muito diferentes, permitindo que os alunos possam trabalhar com autonomia e controlo. Além disso, de 2006 a 2012, a autonomia aumenta o trabalho epistémico, pois o número médio PE dos alunos entre cada intervenção do professor é maior.

A ligação entre o envolvimento dos alunos e as características de mediação de professores com as PE é bastante forte. Se os alunos estão envolvidos produtivamente têm práticas epistémicas em simultâneo, isto porque os esforços do professor provocam o aparecimento de PE e de envolvimento. Quando a mediação do professor é mais rica mais ricas melhores são as PE dos alunos (frequência, diversidade, equilíbrio de práticas epistémicas por tipo) e mais produtivo é o envolvimento.

Referências

- Chang, W. (2005). The rewards and challenges of teaching innovation in university Physics: 4 years' reflection. *International Journal of Science Education*, 27(4), 407-425.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Cunha, A. E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. A. (2012a). Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 635-659.
- Cunha, A.E, Saraiva, E., Dinis, F., Anacleto, A., Pires, C., Rosa, A., ... & Lopes, J.B. (2012b). The influence of the teacher's research experience in his mediation of secondary school students learning using computer simulations. In R. Pintó, V. López, & C. Simarro (Eds), *Conference Proceedings 2012 Learning Science in the Society of Computers* (pp 11-19). Presented in



Computer Based Learning in Science, Barcelona: CRECIM.

Cunha, A. E. (2015). *Construção de práticas de referência no ensino da física para o ensino secundário* (Unpublished doctoral dissertation). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Cunha, A. E. (2017a). The role of tasks in Science and Technology lessons teaching planning, In J. B. Lopes, J. P. Cravino, E. S. Cruz & A. Barbot (Eds.), *Teaching science: contributions of research for planning, practice and professional development* (pp.211-226). USA: Nova Science Publishers. ISBN: 978-1-53612-381-4

Cunha, A. E. (2017b). Teacher mediation for productive engagement of students in Experimental Activities, In J. B. Lopes, J. P. Cravino, E. S. Cruz & A. Barbot (Eds.), *Teaching science: contributions of research for planning, practice and professional development* (pp.101-118). USA: Nova Science Publishers. ISBN: 978-1-53612-381-4

Engle, R. A. & Conant, F. R. (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.

Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: an introduction to its methodology*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Kemmis, S., (1989). Investigacion en la accion. Em T. Husen & T.N. Postlethwaite (Ed.), *Enciclopédia Internacional de la Educacion* (vol. 6) (pp. 3330-3337). Barcelona: Vicens – Vives/MEC.

Lopes, J. B., Cravino, J. P., Silva, A. A., & Viegas, C. (2012). The role of teacher mediation using computer simulations in physical sciences to improve students' epistemic competences - a theoretical framework. In R. Pintó, V. López, & C. Simarro (Eds.), *Conference Proceedings 2012 Learning Science in the Society of Computers* (pp 2-10). Presented in Computer Based Learning in Science, Barcelona: CRECIM.

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

Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Viegas, C., Cunha, A. E., Saraiva, E., ... , & Santos, C. A. (2012a). Instrumentos de ajuda à mediação do professor para promover a aprendizagem dos alunos e o desenvolvimento profissional dos professores. *Sensos*, 2(1), 125-171.

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

Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Santos, C. A., Cunha, A. E., Pinto, A., . . . & Branco, M. J. (2014). Constructing and using multimodal narratives to research on science education: Contributions based on classroom practices. *Research in Science Education*, 44(3), 415-438.

Lopes, J. B. (2017). Self-Directed Professional Development to Improve Effective Science Teaching, In J. B. Lopes, J. P. Cravino, E. S. Cruz & A. Barbot (Eds.), *Teaching science: contributions of research for planning, practice and professional development* (pp.247-264). USA: Nova Science Publishers. ISBN: 978-1-53612-381-4



- McNiff, J., & Whitehead, J. (2006). *All You Need to Know about Action Research*. London: Sage Publications.
- Lopes, J. B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Le Moigne, J. L. (2007). Inteligência da complexidade: Os objectivos éticos da investigação e da intervenção em educação e formação não remetem para um «novo discurso do método de estudo do nosso tempo»? *Sísifo: Revista de Ciências da Educação*, 4, 118-128.
- Silva, J. (2001). *Concepções e práticas dos professores relativas ao trabalho experimental no ensino da Física* (Master). Universidade de Aveiro, Aveiro.