

QUAL O CONHECIMENTO PARA IMPLEMENTAR O ENSINO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS?

WHAT KNOWLEDGE IS NECESSARY TO IMPLEMENT HANDS-ON SCIENCE EXPERIMENTS?

António Manuel Dias Domingos¹
Maria Cristina Oliveira da Costa²

Resumo

Este artigo tem por objetivo investigar quais são os conhecimentos para implementar o ensino experimental das ciências, nos primeiros anos de escolaridade. Ante a um declínio no interesse dos jovens pelas Ciências, vários estudos têm demonstrado que a exposição a atividades experimentais de Ciências, ao nível do ensino básico, tem um impacto positivo nos estudantes, despertando o seu interesse por estas áreas. Os professores desempenham um papel fundamental na renovação da educação científica e tecnológica. Nesse sentido, foram criados programas de formação em Matemática, Ciências e Tecnologia, com o objetivo de promover o seu desenvolvimento profissional. Com uma metodologia de *Teacher Design Research*, procura-se que os professores inovem as suas práticas, criando e implementando atividades experimentais *hands-on* relacionadas com estes tópicos. A recolha de dados foi feita através de observações, entrevistas, grupo focal, bem como portfólios realizados pelos professores. Serão apresentados três estudos de caso de professores, procurando identificar quais são os conhecimentos que se destacaram no seu desenvolvimento profissional, ao participarem deste programa de formação. A partir de uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa dos dados, conclui-se que são vários os conhecimentos para implementar com eficácia o ensino experimental das Ciências. Estes conhecimentos vão desde Conhecimento do Currículo, do Conteúdo da Matéria a Ensinar, Tecnológico, Pedagógico, entre outros. Relativamente ao ensino das Ciências destacamos o Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar, como sendo basilar para a motivação e confiança dos professores para inovarem as suas práticas, bem como o Conhecimento Pedagógico.

Palavras chave: Conhecimentos dos professores, desenvolvimento profissional, ensino experimental das ciências, ensino básico.

Abstract

This article aims to investigate what knowledge is necessary to implement hands-on science experiments at primary school. Facing an interest decline of the youngest for science, several studies sustain that an early exposure to hands-on science experiments has a positive impact on students, promoting their interest to learn science. Teachers are the cornerstone of any scientific and technological education reform. To promote their professional development a Mathematics, Science and Technology continuous programme was designed. With a *Teacher Design Research* methodology, the objective is that teachers innovate their practices, by designing and implementing hands-on science experiments. Data collection consists on observations, interviews, focus group and portfolios created by the teachers. Three case studies of teachers will be presented, trying to identify what knowledge is highlighted, as a result of their participation in this continuous professional development. From a qualitative and an interpretative approach, we conclude that several knowledges are necessary to implement hands-on science experiments with efficacy: Curricular Knowledge, Subject Content to Teach, Technological, or Pedagogical, amongst others. Concerning science education, we highlight Subject Content Knowledge as crucial to motivate teachers to innovate their practices, such as Pedagogical Knowledge.

Palavras chave: Teachers' knowledge, professional development, hands-on, science, primary school.

¹ Docente do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da FCTUNL, tendo trabalhado anteriormente no Departamento de Matemática da FCTUNL, onde ainda colabora. Coordenador da Unidade de Investigação Educação e Desenvolvimento (UIED) e do Programa Doutoral em Ciências da Educação.

² Instituto Politécnico de Tomar- Portugal

Introdução

Vários estudos têm demonstrado que a exposição a atividades experimentais *hands-on* relacionadas com STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática) nos primeiros anos de escolaridade tem um impacto positivo nos estudantes, despertando o seu interesse por estas áreas (e.g., SPENCER; HUSS, 2013; OSBORNE, 2009). Este artigo tem por objetivo investigar quais são os conhecimentos necessários para implementar com eficácia o ensino experimental das ciências, ao nível do 1.º Ciclo do Ensino Básico (1.º CEB).

Em Portugal, as ciências experimentais são ministradas na área curricular de Estudo do Meio, no 1.º CEB. Neste nível de ensino são, ainda, ministradas as áreas curriculares de Matemática e de Português, as quais são lecionadas pelo mesmo professor, conhecido como professor titular da turma. Nos princípios orientadores da organização curricular e programas do ensino básico (DGIDC, 2007) é referido que: “o Estudo do Meio está na intersecção de todas as outras áreas do programa, podendo ser motivo e motor para a aprendizagem nessas áreas.” (p. 101). A nível internacional, vários autores também defendem a integração de STEM, o que apresenta novos desafios para inovar o ensino em sala de aula (FITZALLEN, 2015). Estes desafios levam à necessidade de criar um currículo que integre as STEM, sendo crucial envolver os professores no desenvolvimento de lições interdisciplinares adequadas a esta abordagem (KIM; BOLGER, 2016).

Os professores são a chave de qualquer modelo para melhorar o ensino (ROCARD et al., 2007). O seu desenvolvimento profissional em Ciências é muito complexo, havendo necessidade de desenvolver investigação nesta área, nomeadamente através de estudos empíricos que contribuam para esta investigação (HEWSON, 2007).

Vários autores referem insuficiência de conhecimentos científicos por parte dos professores, como um dos fatores que dificultam a implementação do ensino experimental das ciências no 1.º CEB (e.g., BROWN, 2014). Em Portugal, Afonso, Neves e Morais (2005) defendem a importância de ensinar ciências nos primeiros anos de escolaridade e referem que:

[...] muitos professores não valorizam adequadamente a aprendizagem das ciências nem o seu ensino experimental, estão mal preparados científica e pedagogicamente e dão relativamente pouca ênfase ao desenvolvimento de competências de nível elevado, como a resolução de problemas e a aplicação do conhecimento científico em situações do dia-a-dia. (p. 2)

Os professores limitam-se a fazer um ensino expositivo, centrado nos manuais, sem apelar à experimentação e à curiosidade natural das crianças (e.g., AFONSO et al., 2005; CARVALHO; SILVA; LIMA; COQUET; CLEMENT, 2004). A nível internacional, são inúmeras as referências que também identificam esta problemática (e.g., GILLIES; NICHOLS, 2015; OSBORNE; DILLON, 2008; ROCARD et al., 2007).

Torna-se, assim, necessário continuar a desenvolver investigação, no sentido de se perceber quais são as abordagens que levam a uma mudança de paradigma, nomeadamente quais são os conhecimentos que potenciam essa mudança. É neste sentido que propomos investigar quais são os conhecimentos necessários para implementar com eficácia o ensino experimental das ciências.

Esta investigação é parte integrante de um projeto de intervenção pedagógica mais amplo, que teve início no ano letivo 2015/2016 e envolve ações de formação contínuas, destinadas a professores do 1.º CEB, que incluem visitas às respetivas escolas, para realizar atividades experimentais de STEM. No contexto formativo deste projeto de intervenção pedagógica, são trabalhados tópicos como a Astronomia, Robótica, Ar e Água, Ímanes e Bússolas, Eletricidade, Som, Matemática e Tecnologia, entre outros. Todos estes tópicos são usados para promover a interdisciplinaridade, nomeadamente para trabalhar a Matemática.

A metodologia de *Teacher Design Research* (TDR) envolve a realização de vários ciclos, em que os participantes são professores, sendo o principal objetivo promover o seu desenvolvimento profissional. Neste artigo apresenta-se alguns resultados da investigação desenvolvida durante dois anos letivos (2015/2016 e 2016/2017), que correspondem a dois ciclos completos de TDR.

Enquadramento teórico

Nesta seção, começaremos por introduzir a importância do ensino experimental das ciências e do papel dos professores, bem como a importância do seu desenvolvimento profissional. Por fim, abordaremos os vários tipos de conhecimentos associados à eficácia das abordagens propostas.

A importância do ensino das ciências e do desenvolvimento profissional dos professores

Nos últimos anos tem ocorrido um declínio alarmante no interesse dos jovens pelas Ciências e Matemática, o que poderá comprometer a capacidade de inovação e de investigação da Europa, havendo assim a necessidade de propor práticas que façam aumentar o interesse da população mais jovem por estas áreas (KERMANI; ALDEMIR, 2015; ROCARD et al, 2007). Portugal não é exceção tendo-se verificado que apenas 35% dos alunos inscritos no Ensino Secundário se matricularam em cursos de Ciências e Tecnologia, nos anos letivos 2011/2012 e 2012/2013, de acordo com os dados da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (2014).

A integração de atividades experimentais em aula conduz a melhorias significativas no desempenho e produz atitudes positivas relativamente às Ciências e Tecnologia (MODY, 2015; SPENCER; HUSS, 2013). De acordo com Afonso et al. (2005):

O ensino das ciências não deve ignorar a sua vertente experimental, dado que esta é um dos pilares da ciência e uma educação científica sem trabalho experimental falha em refletir a sua verdadeira natureza. (p. 1)

É prioritário reforçar o investimento na investigação científica, na área da educação em Ciências e na formação inicial e continuada de professores, nos primeiros anos de escolaridade (MARTINS, 2006). Torna-se fundamental implementar um desenvolvimento profissional dos professores que lhes dê oportunidade de desenvolver o seu conhecimento concetual e pedagógico (MURPHY; VARLEY; VEALE, 2012). Afonso et al. (2005) colocam a seguinte questão: “como preparar melhor os professores primários para ensinar Ciências?”. Neste sentido, defendem que:

O desenvolvimento profissional dos professores de ciências requer a aprendizagem de conteúdos científicos fundamentais, a integração de diferentes conhecimentos sobre a Ciência, o ensino e os alunos e requer também a aplicação destes conhecimentos no ensino das ciências. (p. 2)

Carvalho, Silva, Lima, Coquet e Clement (2004) realizaram um estudo com alunos do 1.º ciclo do ensino básico, em que concluem que as principais mudanças concetuais estão fortemente ligadas ao processo de ensino. O estudo procurou identificar obstáculos à aprendizagem dos alunos e, entre vários aspectos, destaca o fato de alguns professores portugueses se limitarem a reproduzir o que aparece nos livros, onde muitas vezes as imagens induzem em erro. Acabam por concluir que é importante formar os professores, desenvolvendo o seu conhecimento de Conteúdo Pedagógico (SHULMAN, 1986), com vista a melhorar a aprendizagem dos alunos.

Em face do exposto, faz sentido investigar quais são os conhecimentos que promovem a eficácia da implementação do ensino experimental das Ciências. Mas esta constatação leva-nos à necessidade de caracterizar os diferentes tipos de conhecimento presentes no processo de ensino, o que nos conduz à seguinte questão: que conhecimentos se destacam para promover a eficácia da implementação do ensino experimental das Ciências?

Os tipos de conhecimentos na educação científica

São vários os autores que apresentam definições e fazem reflexões sobre este tema. Michael Young é um autor cujos trabalhos promovem discussões que vão desde a importância da escola, o conhecimento e o currículo das escolas, entre outros. Segundo Young (2007) todos devem questionar o papel das escolas, desde professores, encarregados de educação, estendendo esta discussão a todos os educadores em geral. Nesta abordagem, as escolas são instituições com o propósito específico de promover a aquisição de conhecimento, sendo fundamental questionar qual é o conhecimento que as escolas devem transmitir. Segundo Young (2007):

As escolas capacitam ou podem capacitar os jovens a adquirir o conhecimento que para a maioria deles não pode ser adquirido em casa ou na sua comunidade e, para os adultos, no seu local de trabalho. (p. 1294)

Young (2008) refere ser importante identificar qual é o conhecimento educacionalmente válido, bem como quais as diferenças entre conhecimento do currículo, das escolas, do dia a dia, do senso comum adquirido em casa, bem como conhecimento adquirido na comunidade e local de trabalho. Segundo este autor, as diferenças entre os vários tipos de conhecimento servem de base para diferenciar entre conhecimento curricular, escolar e não escolar.

Young (2007) distingue duas ideias principais: “conhecimento dos poderosos” (apenas acessível a alguns) e “conhecimento poderoso”. Segundo este autor, o “conhecimento poderoso” tem enfoque no currículo, sendo o conhecimento que um País considera importante para os seus alunos. Para Young (2007), são as escolas que dão oportunidade aos alunos de adquirirem o conhecimento poderoso, havendo uma igualdade social, no sentido em que todos têm acesso ao mesmo conhecimento. Neste contexto, a escola tem um papel muito importante e responsabilidades acrescidas em levar o conhecimento poderoso aos alunos. As escolas devem promover a igualdade social e, para isso, elas têm que considerar qual a base de conhecimento do currículo. O conhecimento poderoso nas sociedades modernas é cada vez mais um conhecimento especializado, tornando-se assim prioritário que os professores o adquiram (YOUNG, 2007).

Para Young (2010), o currículo e a pedagogia são considerados conceitualmente distintos, no sentido em que se referem a responsabilidades distintas de criadores de currículo e de professores. Mesmo que os professores não possam criar currículo sozinhos, no entanto, precisam do mesmo para os guiar relativamente ao que têm que ensinar. Segundo Shulman (1986):

O currículo é representado pelo conjunto de programas designados para o ensino de uma determinada disciplina ou tópico a um dado nível, a variedade de materiais de ensino disponíveis para esses programas, e o conjunto de características que servem simultaneamente de indicações e de contraindicações para o uso de determinado currículo, ou materiais do programa em determinadas circunstâncias. (p. 10)

Deborah Ball é uma autora que investiga o desenvolvimento profissional dos professores de Matemática, mas os seus estudos são transversais a outras áreas do conhecimento. Ball (2003) critica que as principais medidas para combater o insucesso no desempenho matemático nos Estados Unidos, estejam relacionadas com o currículo de Matemática e com o que os alunos devem aprender. Para Ball (2003) uma intervenção só é eficiente se for centrada na forma como os professores ensinam uma vez que “Nenhum currículo ensina por ele próprio e os conteúdos não atuam independentemente da interpretação dos profissionais que os transmitem” (p. 1).

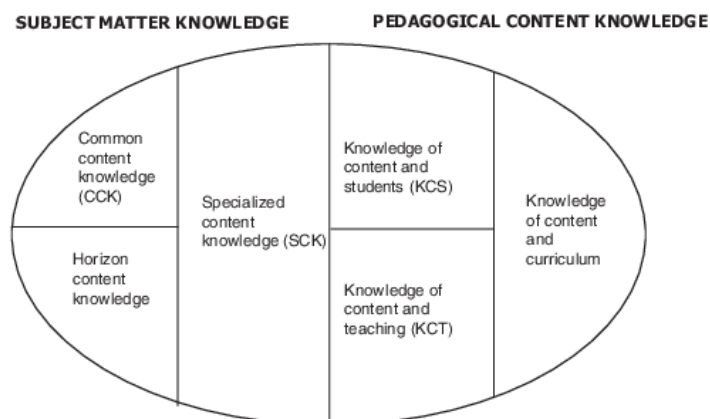
Para Ball (2003): “Ensinar é uma prática profissional que exige conhecimento e habilidade, para além do que é visível a partir de uma análise do currículo” (p. 2). Para além de conhecimentos sólidos sobre os conteúdos a ensinar, cabe ao professor saber como transmitir esses conhecimentos aos seus alunos. De acordo com esta autora, ensinar vai muito para além do conhecimento do

Conteúdo do Currículo, ensinar requer interpretar, explicar, justificar, analisar erros, generalizar e definir; requer saber as ideias e os procedimentos com detalhe e sabê-las suficientemente bem para as representar e explicar com habilidade de mais do que uma forma. Os professores devem ser capazes de detectar definições não adequadas nos livros e devem ser capazes de as adaptar, de forma a que sejam entendidas pelos seus alunos (BALL, 2003).

Shulman (1986) propõe distinguir três categorias de Conhecimento de Conteúdo (CC): CC da Matéria a Ensinar, Conhecimento de Conteúdo Pedagógico e Conhecimento do Currículo. Para este autor, o Conhecimento Pedagógico (CP) vai para além do CC da Matéria a Ensinar. O CP inclui as representações, ilustrações e exemplos, explicações, enfim, todas as formas de representar e formular os tópicos, de forma a torná-los compreensíveis para os outros.

Baseados na noção de CP de Shulman (1986), Ball, Thames e Phelps (2008) investigaram quais as competências do ensino, desenvolvendo uma abordagem empírica para compreender o CC necessário para ensinar Matemática (Figura 1).

Figura 1: Domínios de conhecimento Matemático para ensinar



(BALL; THAMES; PHELPS, 2008)

Na educação em ciências há muitos estudos relacionados com o CP introduzido por Shulman (GROSSMAN, 1990; MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999). Já Park e Oliver (2008) apresentam um modelo hexagonal com base no CP, no qual destacamos o Conhecimento do Currículo de Ciências e o Conhecimento de estratégias instrucionais para ensinar Ciências, bem como o conhecimento dos alunos para entenderem as Ciências.

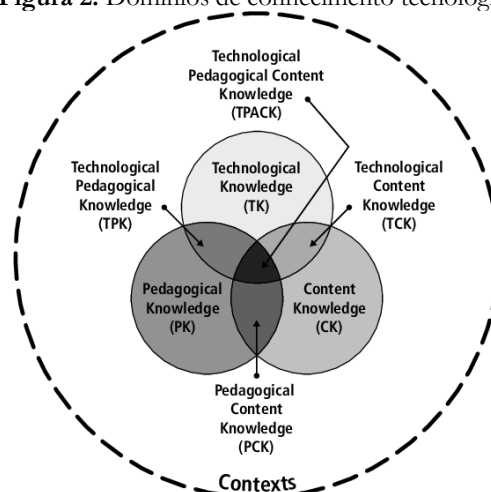
Luft, Hill, Nixon, Campbell e Dubois (2015) recomendam estender os domínios classificados por Ball, Thames e Phelps (2008) à área da educação em Ciências. Estes autores referem que a maioria dos estudos sobre o conhecimento para ensinar Ciências debruçam-se essencialmente sobre o CP, sendo necessário desenvolver investigação relativamente ao CC.

As tecnologias permitem potenciar o ensino das Ciências e da Matemática, assim como de outras áreas disciplinares. Koehler e Mishra (2009) fazem uma introdução ao TPACK (Figura 2), que consiste numa interação entre várias formas de conhecimento para integrar Tecnologia: CC, CP e Conhecimento Tecnológico (CT). Estes autores referem que:

O ensino depende do conhecimento de vários domínios: conhecimento sobre a aprendizagem e raciocínio dos alunos, dos conteúdos curriculares, e o conhecimento cada vez mais crescente da tecnologia. (p. 13)

Koehler, Mishra e Cain (2013) defendem que a interação destas formas de conhecimento, quer teórico quer prático, produz os tipos de conhecimentos necessários para introduzir/integrar a tecnologia no ensino com sucesso. O TPACK resulta da interseção do CC, com o CP e CT.

Figura 2: Domínios de conhecimento tecnológico



(KOEHLER; MISHRA; CAIN, 2013)

Com base neste enquadramento, há um consenso relativamente à importância do ensino experimental das Ciências nos primeiros anos de escolaridade. O papel dos professores é crucial neste processo, sendo fundamental promover o seu desenvolvimento profissional, de forma a atualizar os seus conhecimentos quer de CC da matéria a ensinar, quer de CP.

Metodologia

A metodologia deste estudo baseia-se em *Teacher Design Research* (TDR), a qual tem por objetivo promover o desenvolvimento profissional dos professores, através de um trabalho colaborativo entre investigadores e os professores participantes. Segundo Bannan-Ritland (2000), esta metodologia que pressupõe a realização de vários ciclos de *Design Research* (COBB; ZHAO; DEAN, 2009; ZAWOJEWSKI; CHAMBERLIN; HJALMARSON; LEWIS, 2008), promove aprendizagem profunda de conteúdo, desenvolve as capacidades de adaptação dos professores, em

aula, levando-os a repensar as suas crenças e a inovar as suas práticas. Neste artigo será usada uma metodologia qualitativa de natureza interpretativa para a análise e discussão dos dados.

Contexto do estudo: desenvolvimento profissional dos professores

Foi a partir de uma parceria entre professores do ensino superior, diretores de agrupamento de escolas e de centros de formação, que se criou um contexto formativo, de acordo com as necessidades da região e adequado para promover o desenvolvimento profissional de professores do ensino básico, na área da Matemática, Ciências e Tecnologia. Foram, assim, criados dois cursos de formação, propostos ao *Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua*, responsável pela aprovação e supervisão da formação contínua (<http://www.ccpfc.uminho.pt/>), em Portugal. Os cursos são constituídos por vários workshops com a duração de duas a quatro horas cada (Tabelas 1 e 2) que são dinamizados por professores do ensino superior (universitário e politécnico).

Tabela 1 - Tópicos da formação “Matemática e Ciências: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2015/2016.

Workshops	Participantes	Duração	Data
Matemática e Ciências: Uma perspetiva experimental	14	4h	2/10/2015
Energia para todos: como fazer contas sobre a natureza	13	3h	19/11/2015
Desvendar os Mistérios do Som	14	3h	3/12/2015
MiMa: Mãos na Matemática	12	4h	14/01/2016
Astronomia	13	3h	18/02/2016
Jogos gratuitos de Matemática e Ciências na Web	13	3h	10/03/2016
Robótica Criativa	12	2h	28/04/2016
Desafios do dia a dia com as unidades	13	2h	12/05/2016
Metodologias e partilha de boas práticas	13	2h	21/06/2016

Tabela 2 - Tópicos da oficina de formação “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2016/2017.

Workshops	Participantes	Duração	Data
STEM para todos: fazer contas sobre a natureza	38	3h	18/01/2017
Tecnologias para promover STEM	39	3h	25/01/2017
Desvendar os Mistérios do Som	37	2 h 30 min	15/02/2017
Desvendar os Mistérios da Eletricidade	38	2 h 30 min	8/03/2017
Metodologias e partilha de boas práticas	38	2h	3/05/2017

Os participantes são professores do 1.º CEB, inscritos nos cursos de formação referidos. Para além dos workshops destinados aos professores, os formadores deslocam-se à sala de aula dos formandos, quer para realizar atividades experimentais, com os respectivos alunos (a fim de as exemplificar) quer para os apoiar enquanto implementam as tarefas por eles propostas.

A recolha de dados foi feita através de questionários, testes diagnóstico, relatórios dos professores, observações, grupo focal de reflexão (*focus group*) e entrevistas semiestruturadas, (COHEN; LAWRENCE; KEITH, 2007). Os testes-diagnóstico consistiram em questões de escolha múltipla sobre os tópicos abordados e foram aplicados antes e após os workshops sobre o tópico respectivo. As observações decorreram essencialmente nos workshops da formação presencial com os professores e nas visitas às respectivas aulas. A primeira autora do artigo esteve presente em todas estas ações, numas como dinamizadora e noutras como observadora. O segundo autor é responsável pela triangulação e validação de toda a informação recolhida.

Num outro artigo, os mesmos autores (COSTA; DOMINGOS, 2016) apresentaram um estudo, com base no 1.º ciclo de TDR, onde verificaram a importância do CC de Ciências para promover o sucesso da sua implementação. Com este estudo preliminar, os mesmos autores concluíram haver necessidade de continuar a investir no desenvolvimento profissional dos professores, de modo a aumentar a sua confiança e autonomia para inovarem as suas práticas. Na última sessão presencial do primeiro ciclo de TDR foi realizada uma reflexão do grupo (*focus group*) onde alguns professores manifestaram alguma insegurança quanto à implementação das atividades experimentais sem a ajuda dos formadores. A maioria insistiu ser fundamental serem os formadores a realizar algumas das experiências, quer por falta de materiais, quer por falta de conhecimentos sobre alguns tópicos, bem como sobre as tecnologias usadas.

Estas reflexões, bem como as entrevistas e evidências de implementação de atividades experimentais propostas e realizadas pelos professores, levaram-nos a repensar e a reformular os ciclos seguintes de TDR, de modo a torná-los mais adequados às necessidades dos professores. Entendeu-se ser fundamental continuar com as visitas às escolas mas, também, adaptar a formação presencial de forma a promover a autonomia dos professores, no sentido de se sentirem mais motivados e seguros para propor e implementar as suas próprias atividades experimentais. Tendo em conta a constatação de que o CC de Ciências ou de Tecnologia para ensinar, eram fundamentais para os professores inovarem as suas práticas, procurou-se adaptar os tópicos a abordar, de forma que os conteúdos a transmitir fossem adequados, para promover o conhecimento dos professores, de forma a ter impacto nas suas práticas em aula. Neste sentido, com a experiência do 1.º ciclo de TDR, foi criada uma oficina de formação para o 2.º ciclo de TDR, que envolve 13 horas de formação presencial e 13 horas de trabalho autónomo (Tabela 2). Neste 2.º ciclo, procurou-se apoiar ainda mais os professores, de modo a ganharem confiança e conhecimentos para conseguirem inovar as suas práticas, de acordo com os tópicos e com as metodologias abordadas.

Neste artigo, iremos analisar três estudos de caso de professores que participaram em pelo menos um dos dois ciclos de TDR, procurando investigar quais são os conhecimentos que promovem a eficácia do ensino experimental das ciências.

Análise e discussão dos dados

No contexto formativo do projeto de intervenção pedagógica mais amplo, onde se enquadra este estudo, são trabalhados tópicos como a astronomia, ímanes e bússolas, eletricidade, som, matemática e tecnologia, entre outros (Tabelas 1 e 2). Todos estes tópicos são usados para promover a interdisciplinaridade, nomeadamente para trabalhar a matemática.

Para aferir sobre a evolução do CC, foram preparado alguns testes diagnósticos sobre os temas trabalhos, aplicados antes e depois dos workshops relativos aos temas. Um exemplo é o teste sobre Astronomia, cujos resultados correspondentes a uma amostra de 31 professores são analisados nas figuras 3 e 4.

Figura 3 - Resultados globais (médias e erro padrão das médias)

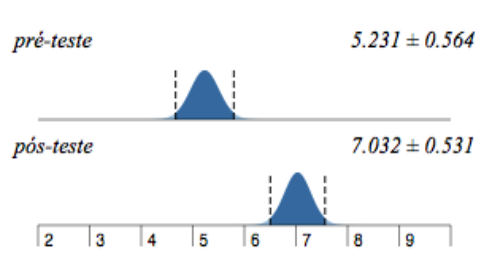
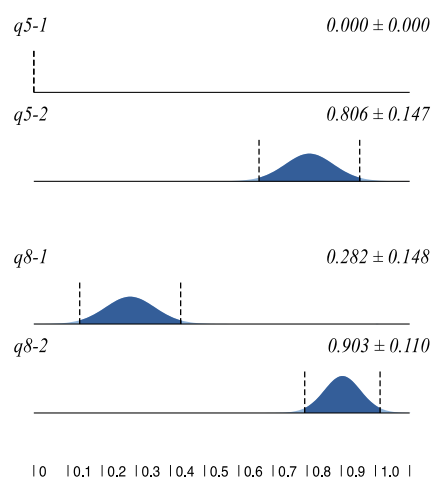


Figura 4 - Resultados dos itens 5 e 8



A comparação foi realizada com os dados emparelhados, tendo sido aplicado o teste *t* de *Student*. Verificou-se que, após a frequência dos workshops, os participantes melhoraram significativamente os seus resultados (50 % para 70 %), relativamente ao total de respostas corretas (Figura 3). Por exemplo, nos itens 5 e 8 (Figura 4), relacionados com a órbita da Terra à volta do Sol e com a inclinação do eixo da Terra, é evidente a melhoria do CC sobre a astronomia (de 0 % para 80 % e de 28 % para 90 %, respetivamente, com um grau de confiança superior a 99 %).

Os resultados deste teste mostram que os professores melhoraram o CC sobre Astronomia, o qual é essencial para conseguirem desenvolver tarefas sobre este tema, destinadas aos seus alunos.

Em seguida apresentaremos com mais detalhe os estudos de caso de alguns professores que participaram na formação, como é o caso das professoras Luísa, Mariana e Manuela (nomes fictícios) que trabalharam temas do currículo de Estudo do Meio, relacionados com STEM.

Desenvolvimento profissional dos professores e os conhecimentos para ensinar: estudos de caso

Nesta seção vamos apresentar três estudos de caso de alguns professores que participaram em pelo menos um dos dois ciclos de TDR, tendo desenvolvido os tópicos trabalhados nos workshops de formação, apresentando tarefas que implementaram com os respectivos alunos.

O caso da professora Luísa

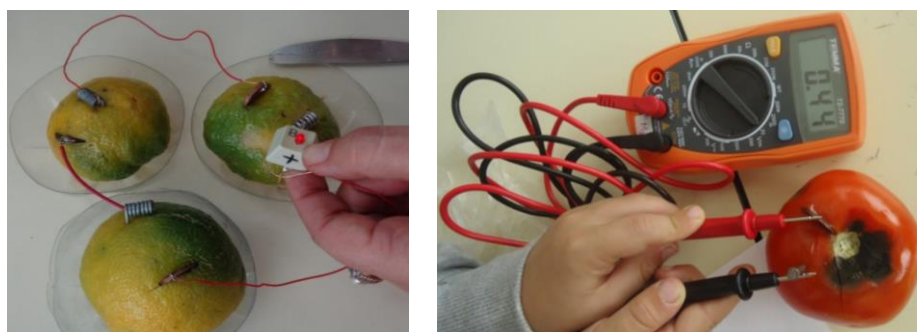
A professora Luísa participou no primeiro ciclo de TDR COSTA. Esta professora tinha 56 anos, 37 anos de serviço e era titular de uma turma do 3.º ano do 1.º CEB, com 25 alunos com idades compreendidas entre os 8 e 9 anos. Ao iniciar a formação (Tabela 1), a Luísa respondeu ao questionário onde referiu que “a vertente experimental não foi abordada na sua formação inicial” e “no complemento de formação (licenciatura) foi abordada muito pela superfície”. Apesar de ter feito algumas formações, não teve nenhuma relacionada com alguns dos tópicos abordados, como por exemplo a Eletricidade.

No decorrer dos *workshops*, a professora foi muito participativa mostrando um grande interesse pelas tarefas realizadas. No entanto, manifestou por diversas vezes que não se sentia à vontade para ensinar alguns dos conteúdos ministrados, por não ter conhecimentos científicos sobre os mesmos, de forma a conseguir transmiti-los aos seus alunos: “Não sou capaz de ensinar alguns conteúdos porque não domino os conceitos científicos nem sou capaz de aplicar as técnicas a eles associadas”. Referiu ainda que não se sentia capaz de manipular alguns dos materiais usados nas atividades experimentais e levantou as seguintes questões: “E se os alunos fizerem perguntas e eu não souber responder?” “E se a experiência não decorrer como esperado?”

Para além de preocupações com o CC, a professora revelou preocupações com o CP, no que diz respeito ao tema da Eletricidade, por receio de não saber como transmitir conhecimentos sobre este tópico ou “falhar” na implementação das atividades experimentais. Estas preocupações levaram-nos a repensar a forma de abordar os conteúdos teóricos e a manipulação da experiência laboratorial pois percebemos que era muito importante adequar a formação aos conhecimentos e às necessidades dos professores, para estes ganharem motivação e segurança para implementar estas tarefas. Notou-se que os professores dão muita importância ao CC e que dificilmente irão realizar experiências que envolvam conceitos que não dominam.

Dado o grande empenho da professora Luísa na aprendizagem e nas suas preocupações de CC e CP, ela foi uma das primeiras formandas a ser selecionada para receber os formadores na sua aula, para realizar experiências laboratoriais de eletricidade com os seus alunos. Foram realizadas três visitas (três horas cada), sendo realizadas diversas tarefas desde construção de circuitos, eletroímãs, medir diferenças de potencial, temperatura, entre outros (Figura 5). Os registos, das medidas obtidas, foram escritos no quadro para posterior discussão com a turma.

Figura 5 - Atividades experimentais de eletricidade.




Na sala de aula, na presença dos formadores com os seus alunos, a Luísa mostrou-se muito interessada em perceber e acompanhar a demonstração realizada. Embora a atividade estivesse a ser conduzida pelos formadores, ela foi interventiva, aplicando alguns dos conhecimentos obtidos no primeiro *workshop*, de modo a ajudar os seus alunos no decorrer das tarefas. Nesta intervenção, a professora reforçou o papel dos formadores, quer conduzindo-os na atividade quer aferindo sobre a compreensão dos conteúdos abordados. No final desta primeira visita a professora (por sua iniciativa) questionou os alunos relativamente a esta experiência em aula, nomeadamente o que tinham aprendido, e o que gostariam de explorar nas próximas experiências. Algumas das questões exploradas foram as seguintes: “Qual a Matemática usada nestas atividades?” “O que gostaram mais de explorar nesta experiência”; “Para que serve a eletricidade?”

Os formadores realizaram mais duas sessões, com os alunos da professora Luísa, sobre o tópico da Eletricidade. No entanto, desta vez, a professora não tinha trabalhado as tarefas no *workshop* destinado a este tópico, o que significa que as observou pela primeira vez nestas sessões. A postura da professora foi muito diferente, relativamente à primeira visita, sendo essencialmente de observadora. Mais uma vez, voltou a manifestar insegurança, dizendo que sem a ajuda dos formadores não seria capaz de implementar aquelas tarefas com os seus alunos. Observou-se que a Luísa intervém e ajuda os seus alunos quando se sente confiante e tem conhecimentos; quer de conteúdo relativamente às tarefas propostas, quer pedagógicos sobre como implementá-las. Por

outro lado, quando não domina os conteúdos assume uma postura mais passiva e manifesta a sua insegurança relativamente à possibilidade de as realizar sozinha.

Quanto à proposta de atividades experimentais para realizar com os alunos, a Luísa optou por trabalhar a Matemática, fazendo análise e tratamento de dados a partir dos pesos e alturas dos alunos da sua turma. A forma encontrada pela professora, para criar tarefas de Matemática relacionadas com a Eletricidade, foi propor problemas a partir da experiência realizada na sua sala de aula, pela equipe de formadores (figura 6). Ao referir “eletroíman” está a mostrar CC que adquiriu na formação, mas opta por apresentar exercícios com conteúdos essencialmente matemáticos: problemas envolvendo operações, em particular a multiplicação.

Figura 6: Tarefa de Matemática proposta e implementada pela professora Luísa, inspirada na experiência realizada em sala de aula pelos formadores

<p>1. Quando usaste o prego no eletroíman, ele estava enrolado com fio de cobre. Desenrolei o fio. Media 40 cm.</p>		
<p>1.1. Quantos metros de fio foram precisos para a turma toda?</p>	<p>1.2. Cada metro de fio custa 5 euros. Quanto foi necessário pagar para envolver todos os pregos?</p>	

Esta atitude mostra alguma criatividade e autonomia por parte da professora para propor atividades que não são reproduzidas dos manuais escolares. Também mostra capacidade para adaptar o ensino à realidade dos seus alunos, o que lhe é sugerido quando se realizam experiências laboratoriais. Por outro lado, o fato de não usar os dados registados pelos alunos, relativamente à experiência laboratorial sobre Eletricidade, pode significar alguma resistência em usar tópicos que não lhe são familiares. A Luísa preferiu usar um contexto onde se sente mais à vontade, recorrendo à recolha de dados a partir da sua turma, usando algo que já tinha planeado fazer. Esta decisão pode ter a ver com a falta de confiança que também está patente no seu relatório final:

No entanto, e dada a natureza das matérias abordadas e “ferramentas” utilizadas, não me sinto segura para desenvolver, num processo natural/individual e consolidado, e implementação de muitas das tarefas com a turma. (Relatório final, junho 2016)

Apesar da insegurança relacionada com a realização de atividades experimentais de Ciências, a professora reconhece que esta formação contribuiu para descobrir novas formas de ensinar Matemática (CP), referindo que a matemática faz parte do dia a dia:

A Matemática que já era regularmente aplicada à turma através de situações primordialmente práticas e concretas, acumulou atividades com significado e decorrentes de vivências de cada aluno aquando da execução das tarefas que lhe eram solicitadas. (Relatório final, junho 2016)

Além do aumento de CP para ensinar Matemática, Luísa também adquiriu CT, nomeadamente capacidade para fazer pesquisas na Internet, retirando informações que usa para fundamentar a sua opinião:

(...) descobrir novos jeitos de trabalhar com a matemática, de modo que as pessoas percebam que pensamos matematicamente o tempo todo, resolvemos problemas durante vários momentos do dia (...). A matemática, portanto, faz parte da vida e pode ser aprendida de uma maneira dinâmica, desafiante e divertida. (Relatório final, junho 2016)

O CP dos seus alunos é muito forte na Luísa. Este foi observado quando implementou as tarefas de análise e tratamento de dados dos pesos e alturas dos seus alunos, fazendo uma abordagem adequada a cada um deles e procurando adaptar as tarefas de modo que cada um conseguisse concretizar com sucesso as tarefas solicitadas. Nos casos mais complicados, mandava um aluno ao quadro para resolver os problemas e a resolução do mesmo era discutida com a turma, no sentido de chegar à solução correta. No seu relatório final os alunos também são referidos:

A turma mostrou-se muito motivada na execução das várias tarefas propostas pelos formadores. Os alunos desenvolveram atitudes de cooperação, de experimentação, (...) (Relatório final, junho 2016)

Com a reflexão acima também se observa que valoriza a cooperação, experimentação bem como novas abordagens, nomeadamente novas formas de ensinar a matemática (CP).

Conclui-se que Luísa melhorou o seu CP para ensinar Matemática. Também aumentou o CC e CP para ensinar Ciências mas, ainda, não foi o suficiente para propor tarefas experimentais relacionadas com a eletricidade, de forma autónoma, havendo necessidade de continuar a desenvolver o seu desenvolvimento profissional.

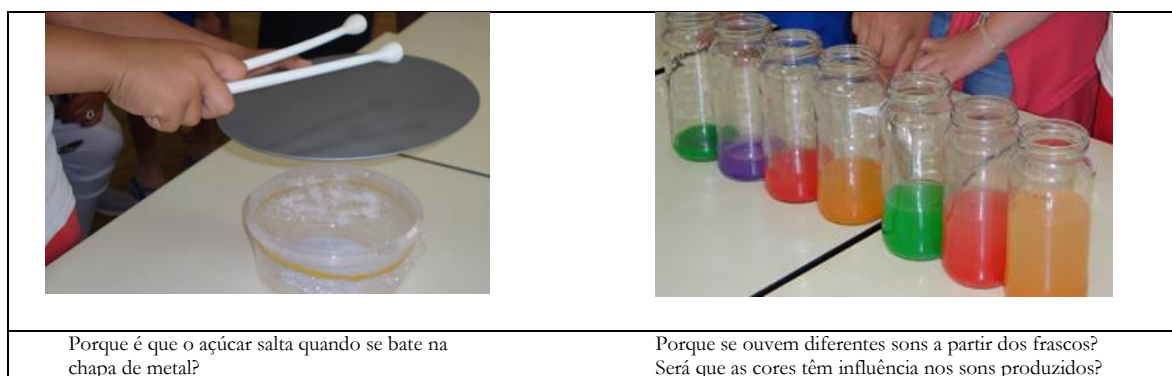
O caso da professora Mariana

A professora Mariana tinha 52 anos de idade, 30 anos de serviço e uma turma com 16 alunos do 3.º e 4.º anos do 1.º CEB. Tal como a Luísa, a Mariana participou na formação que decorreu durante o 1.º ciclo de TDR. A Eletricidade, assim como o Som, foram temas trabalhada em conjunto com os outros professores nos *workshops* (Tabela 1). A turma da Mariana recebeu os formandos para realizar experiências laboratoriais relacionadas com o Som, recorrendo a diversos equipamentos laboratoriais. Durante esta intervenção, a professora assumiu uma postura de observadora, atenta às atividades realizadas pelos formadores com os alunos.

Nas entrevistas à Mariana, ela referiu já ter frequentado algumas formações de Ciências e que gostava de fazer algumas atividades relacionadas com as propostas no livro de Estudo do Meio, nomeadamente relacionadas com o Som, embora não fossem iguais às trabalhadas nesta formação.

As atividades experimentais propostas pela professora Mariana foram na sua maioria relacionadas com o Som (Figura 3). Apesar de a Eletricidade não ter sido trabalhada pelos formadores na aula da Mariana, ela conseguiu criar e implementar algumas tarefas relacionadas com este tópico. As tarefas escolhidas tiveram a ver com a utilização de pilhas biológicas para colocar equipamentos a funcionar como por exemplo relógios e carros telecomandados. Este aspecto revelou que a professora adquiriu CC suficiente para conseguir explicar aos seus alunos em que consistia uma pilha biológica. Também se notou o CP dos seus alunos, ao combinar com os mesmos como iriam usar as pilhas biológicas, bem como coordenar o que cada um iria trazer para a aula com o objetivo de realizar a experiência. Dos vários materiais usados destaca-se: fruta, uma balança digital, um carro telecomandado e fios elétricos. Uma das tarefas consistiu em colocar uma balança digital a funcionar com uma pilha biológica constituída por uma maçã e um limão, a qual foi realizada com sucesso. Outra tarefa consistiu em colocar o carro telecomandado a funcionar com a pilha biológica mas, desta vez, não foi bem-sucedida. Estas tarefas mostram criatividade da professora que teve a capacidade de usar conhecimentos adquiridos na formação, para criar tarefas a implementar em aula. Por outro lado, a Mariana não soube explicar aos alunos o motivo pelo qual o carro não funcionou. Esta informação revela a importância do CC para a realização de tarefas experimentais e, também, mostra a necessidade do acompanhamento de formadores com conhecimentos científicos sobre os temas abordados, para a eficácia da intervenção.

Figura 3. Atividades experimentais relacionadas com o Som, implementadas pela professora Mariana.



No seu relatório final, a Mariana identifica algumas dificuldades relacionadas com a falta de conhecimentos: “(...) falta de preparação dos professores para desenvolverem esta metodologia e a falta de conhecimentos/fundamentação científica que promove a nossa insegurança”.

No entanto reconhece a importância da formação recebida: “Adquirimos mais conhecimentos para melhorar as nossas práticas sobre o ensino das Ciências junto dos alunos.” “Com estas atividades práticas os alunos puderam mexer e manusear coisas e objetos, pensar,

refletir, planejar, interpretar e discutir as situações estudadas”. O CP desta professora, nomeadamente o CP dos alunos, destaca-se quando refere:

Privilegiámos o trabalho de grupo, tornando-os mais autónomos, mais sociáveis e responsáveis. Não descurámos todos os conhecimentos e conceções que os alunos possuíam e deveremos ter como ponto de partida esses conhecimentos para qualquer objeto de estudo. (Relatório final, junho 2016)

Mariana também participou no 2.º ciclo de TDR. Neste 2.º ciclo, mostrou um aumento do seu CC sobre Ciências, bem como CP para ensinar Ciências, tendo desenvolvido um trabalho colaborativo com as suas colegas ao preparar atividades experimentais em grupo. Em seguida, apresentamos um excerto do relatório final da Mariana, apresentado no 2.º ciclo de TDR:

Com estas ações de formação, todos nós, professores do primeiro ciclo, adquirimos e aprofundamos conhecimentos sobre a temática das ciências para melhorar as nossas práticas, articulando ao mesmo tempo com os conteúdos programáticos do currículo do primeiro ciclo; fomentamos o gosto pelas ciências nas crianças, impulsionamos a experimentação e observação de fenómenos do quotidiano, que são facilmente explicáveis em termos científicos; desenvolvemos a compreensão de conceitos e desenvolvemos o pensamento crítico, dedutivo e criativo dos alunos. (Relatório final, junho 2017)

Em resumo, notou-se uma evolução nos conhecimentos (CC e CP) da professora Mariana ao longo da formação recebida e na forma como ela recorre a esse conhecimento, para o desenvolvimento de tarefas em aula. Os dados apresentados mostram a importância do CC e do CP, para a implementação das atividades experimentais relacionadas com Ciências.

O caso da professora Manuela

Costa, Teodoro e Domingos (2017) apresentaram a Astronomia como um recurso para potenciar o ensino da matemática, dando como exemplo algumas das propostas de tarefas criadas pela professora Manuela. Voltamos a falar desta professora, mas agora do ponto de vista dos conhecimentos que ela desenvolveu, ao participar no 2.º ciclo de TDR. A professora Manuela tinha 50 anos de idade, 28 anos de serviço e era titular de uma turma do 3.º ano de escolaridade com 20 alunos. Nas entrevistas, ela revelou que foi com base nos conhecimentos que adquiriu na formação que desenhou tarefas, onde procurou trabalhar diferentes tópicos tais como Ciências, Matemática, Artes Plásticas, Tecnologia, entre outros. De acordo com o currículo, aproveitou a Astronomia para trabalhar números na ordem dos milhões, bem como para usar régua e compasso. A professora Manuela mostrou conhecimentos do currículo e CP quando começou por trabalhar a Astronomia, a partir das ideias dos alunos pedindo-lhes para fazerem desenhos sobre como achavam que era o Sistema Solar, desde tamanho do Sol e planetas, bem como as órbitas dos planetas em torno do Sol, entre outros. A partir dessas ideias, na aula seguinte procurou corrigir percepções erradas dos alunos, promovendo a aprendizagem dos conteúdos de Astronomia.

A professora Manuela também revelou que ganhou Conhecimento Tecnológico (TK) ao usar recursos da Internet, nomeadamente para encontrar vídeos para mostrar aos seus alunos, bem como encontrar dados e informações sobre o Sistema Solar. Ela preparou várias fichas de trabalho, sendo uma delas dedicada à modelação do Sistema Solar. Esta ficha incluiu dados sobre as dimensões do diâmetro do Sol e dos planetas, bem como dos seus raios orbitais e respetivas velocidades. O Sol foi desenhado com 0,5 metros de diâmetro numa cartolina amarela. Os planetas mais pequenos foram feitos com plasticina e os maiores, tais como Júpiter e Saturno, foram desenhados com o compasso e posteriormente pintados com a cor indicada na ficha entregue pela professora. Por fim, os planetas foram colocados de acordo com a sua distância ao Sol. O diálogo seguinte mostra a forma como a professor conduziu as tarefas:

Professora: Vamos começar por construir os planetas maiores. Quais são eles?

Estudante 1: Júpiter e Saturno.

Professora: Qual é o seu diâmetro?

Estudante 1: Não sei!

Professora: Vê na tabela que te dei!

Estudante 1: Oh! Júpiter tem 6 *cm* e Saturno tem 5 *cm*.

Professora: Se Júpiter tem 6 *cm* de diâmetro, vão abrir o compasso em quanto?

Estudante 2: 6 *cm*.

Professora: Não! 6 *cm* é o diâmetro. [a professora vai ao quadro explicar o que é o diâmetro] Oh Carolina, se vais traçar a circunferência vais traçá-la do tamanho do diâmetro?!

Estudante 2: Do raio! 3 *cm*.

O questionamento guiado continuou até todos terminarem as tarefas. No final, colocou várias questões para aferir sobre o que os seus alunos aprenderam, verificando-se que os mesmos aprenderam conceitos e corrigiram as perceções inicialmente incorretas. O diálogo acima ilustra CP para ensinar, bem como CP dos seus alunos. De fato, segundo Shulman (1986), o CP inclui todas as formas de representar e formular os tópicos, de forma a torná-los compreensíveis.

A professora Manuela adquiriu CC sobre a matéria a ensinar (Astronomia), CT recorrendo à internet para preparar as lições a ministrar aos alunos e, principalmente CP. Ela revelou capacidade para recolher informação do currículo, pesquisar conteúdos para ensinar que não se encontram nos livros escolares e, principalmente, habilidade para adequar o CC a ensinar aos seus alunos, bem como a informação recolhida com a pesquisa na internet (CT).

Com a formação recebida, a professora Manuela aumentou os seus CC e CP, adquirindo capacidade para criar e implementar atividades experimentais que não faziam parte das suas práticas habituais. Concluímos que a professora adquiriu conhecimentos para inovar as suas práticas, no sentido em que estas foram apropriadas pela professora que mostrou autonomia para as implementar com os seus alunos. De fato, segundo Zehetmeier, Andreitz, Erlacher e Rauch (2015) as inovações devem ser apropriadas pelos professores e transformadas na sua própria prática.

Considerações finais

Esta investigação diz respeito a dois ciclos de TDR, que decorreram durante dois anos letivos: 2015/2016 e 2016/2017. Os participantes foram três professores do 1.º CEB que participaram em pelo menos um dos dois ciclos de TDR. As professoras mostraram saber usar CP da matéria a ensinar, bem como CP das ideias dos alunos. Uma explicação para este fato poderá ter a ver com a vasta experiência de prática de ensino (mínimo 28 anos de serviço) comum às três professoras. No entanto, por terem feito a sua formação inicial há algum tempo, não tiveram formação inicial em ensino experimental das ciências. Apesar de haver algumas formações sobre este tema, nem todas as frequentaram. Uma explicação para não realizar atividades experimentais de Ciências está relacionada com falta de CC sobre a matéria a ensinar (e.g., AFONSO et al., 2005), o que também está patente nas entrevistas e nas reflexões individuais, apresentadas pelas professoras. Esta constatação justifica a necessidade de continuar a desenvolver a formação de professores (e.g., MARTINS, 2006) e, no caso desta investigação, caracterizar os principais conhecimentos que promovem a eficácia da implementação do ensino experimental das Ciências.

Face aos dados analisados, temos a destacar os seguintes aspectos: verificou-se que os professores que realizaram atividades experimentais com os seus alunos foram aqueles que também mostraram melhores CC da matéria a ensinar. Este fato foi observado nas aulas, nos relatórios apresentados pelos professores, bem como nas entrevistas realizadas aos mesmos. Os que não dominavam estes conhecimentos manifestaram insegurança para realizar atividades experimentais. Os casos em que houve mais acompanhamento, nomeadamente em aula, foram os que mais inovaram as suas práticas, o que nos leva a concluir que este acompanhamento em aula promove o aumento de CC da matéria a ensinar dos professores, bem como a sua motivação, confiança e autonomia para realizar atividades experimentais de Ciências. Esta conclusão está de acordo com outros autores que desenvolveram estudos nesta área (e.g., MURPHY; SMITH; VARLEY; RAZI, 2015), sendo referido que apoiar os professores sobre como ensinar Ciências leva-os a adquirir maiores CC da matéria a ensinar e conhecimento pedagógico (e.g., CAPPS; CRAWFORD, 2013).

Relativamente ao ensino experimental das ciências, o CC a ensinar tem um papel crucial porque sem este conhecimento os professores não irão realizar atividades experimentais relacionadas com os tópicos que não dominam. No caso das professoras em estudo, verificou-se que têm posturas diferentes perante o CC. Enquanto a Luísa não arriscava implementar sozinha atividades experimentais relacionadas com a Eletricidade, a Mariana achou que tinha CC para as realizar. No entanto, revelou-se que não foi suficiente para explicar aos alunos porque motivo a carro não funcionou com aquela pilha biológica. Por outro lado, a Manuela implementou atividades experimentais relacionadas com a Astronomia, onde aparentemente tudo correu de acordo com o

planeado. Mas, uma análise mais fina dos dados levou à conclusão que a distância dos planetas ao Sol não correspondia à a escala usada. Na entrevista, posterior a esta observação, a professora manifestou que não tinha reparado neste pormenor. Tinha usado dados na internet e pensava que estavam à escala. Este é mais um aspecto que reforça a importância da supervisão dos formadores, para garantir que seja interiorizado o CC especializado.

Os dados parecem mostrar-nos que para a eficácia da abordagem proposta há que introduzir o CC da matéria a ensinar no desenvolvimento profissional dos professores. Tal como realçado nos relatórios a interação quase simultânea da teoria e da prática é uma mais valia para o sucesso da promoção do ensino experimental das ciências. É aqui que concordamos com o modelo do TPACK mas, no ensino experimental das Ciências colocamos o CC sobre Ciências ao centro. No entanto, para além do conhecimento sobre estes conteúdos especializados é fundamental saber como os relacionar e como os ensinar aos alunos, sendo necessário CP para o sucesso desta etapa. Face ao exposto, parece ser possível concluir que quando os professores (com vários anos de experiência de ensino) sentem que têm CC de Ciências para ensinar, o seu CP revela-se suficiente para conseguirem propor e implementar atividades experimentais com os seus alunos.

Conclusões

Neste artigo exploramos vários tipos de conhecimento estudados e organizados por vários autores, considerados necessários para ensinar com eficácia. O estudo empírico aqui apresentado parece lançar algum esclarecimento sobre as dimensões, relacionadas com o ensino experimental das Ciências. Conclusões preliminares, sobre a investigação desenvolvida neste artigo, sugerem que estes conhecimentos estão essencialmente relacionados com o CC e CP. Se os professores não dominarem os conhecimentos para ensinar Ciências também não serão capazes de implementar atividades experimentais. No entanto, a forma como o CC tem influência nas práticas dos professores tem a ver com a idiosincrasia de cada um. Nos três casos aqui expostos, observou-se que enquanto uma professora que não arriscava implementar atividades experimentais de Ciências por achar que não tinha CC suficiente para o fazer, a outra professora realizou atividades relacionadas com as apresentadas nos livros de texto e arriscou fazer uma atividade de eletricidade apesar de não ter CC suficiente para a implementar com sucesso. Por outro lado, a Professora Manuela usou o CC adquirido na formação sobre Astronomia, bem como CT para preparar tarefas inovadoras para os alunos, de forma autónoma. Mesmo faltando algum CC especializado, como é o caso da modelação do Sistema Solar à escala, isso não a impediu de implementar as tarefas.

Concluimos que são vários os conhecimentos para implementar com sucesso o ensino experimental das ciências, que vão desde o conhecimento do currículo, CC a ensinar, CT, CP, entre

outros. Face ao estudo desenvolvido destacamos o CC para ensinar como primordial para a implementação do ensino experimental das Ciências.

Referências

AFONSO, M.; NEVES, I.; MORAIS, A. M. Processos de formação e sua relação com o desenvolvimento profissional dos professores. **Revista de Educação**, v. 13, n. 1, p. 5 – 37, 2005.

BALL, D. L. Mathematics in the 21st century: **What mathematical knowledge is needed for teaching mathematics**. Paper presented at the Secretary's Summit on Mathematics, U.S. Department of Education, Washington, DC, 2003.

BALL, D. L., THAMES, M. H., & PHELPS, G. Content knowledge for teaching what makes it special? **Journal of teacher education**, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BANNAN-RITLAND, B. Teacher Design Research. An emerging paradigm for teachers' professional development. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), **Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education**, Capítulo 12, p. 246-262. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2000.

BROWN, S. The 'Curriculum for Excellence': a major change for Scottish science education. **School Science Review**, v. 9, n. 352, p. 30-36, 2014.

CAPPS, D. K., & CRAWFORD, B. A. Inquiry-based professional development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science? **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 12, p. 1947-1978, 2013. doi:10.1080/09500693.2012.760209

CARVALHO, G. S., SILVA, R., LIMA, N., COQUET, E.; CLEMENT, P. Portuguese primary school children's conceptions about digestion: Identification of learning obstacles. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 9, p. 1111-1130, 2004. doi:10.1080/0950069042000177235

COBB, P., ZHAO, Q.; DEAN, C. Conducting design experiments to support teachers' learning: A reflection from the field. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 18, n. 2, p. 165-199, 2009.

COHEN, L., LAWRENCE, M., & KEITH, M. **Research Methods in Education**. 6th Edition. Taylor and Francis Group, 2007.

COSTA, M. C.; DOMINGOS, A. **Innovating teachers' practices**: potentiate the teaching of mathematics through experimental activities. In CERME 10, Dublin. In Press, 2016.

COSTA, M. C.; TEODORO, V. D.; DOMINGOS, A. A astronomia como recurso para criar tarefas de matemática no 1.º ciclo do ensino básico. In **CIBEM**, Madrid. In Press, 2017.

DGIDC **Programa de Matemática do ensino básico**. Lisboa: DGIDC. Acedido através de <http://www.dge.mec.pt/programas-1o-ciclo>, 2007.

DDEEC (Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência). Matrículas e transições no 10.º, 11.º e 12.º ano em cursos científico-humanísticos, em 2011/12 e 2012/13, por NUTSII e concelho. 2014. Acedido através de <http://www.dgeec.mec.pt/np4/173/>

FITZALLEN, N. STEM Education: What does mathematics have to offer? **Mathematics Education Research Group of Australasia**, p. 237-24, 2015

GILLIES, R. M.; NICHOLS, K. How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers reflections on teaching cooperative inquiry-based science. **Research in Science Education**, v. 45, n. 2, p. 171-191, 2015. doi:10.1007/s11165-014-9418-x

GROSSMAN, P. L. The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. New York: Teachers College Press, 1990.

HEWSON, P.W. Teacher Professional Development in Science. In Abell, S. K., & Lederman, N. G., **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2007, p. 1177-1203.

KERMANI, H.; ALDEMIR, J. Preparing children for success: Integrating science, math, and technology in early childhood classroom. **Early Child Development and Care**, v. 185, n. 9, p. 1504-1527, 2015. doi:10.1080/03004430.2015.1007371

KIM, D.; BOLGER, M. Analysis of Korean Elementary Pre-Service Teachers' Changing Attitudes About Integrated STEAM Pedagogy Through Developing Lesson Plans. **International Journal of Science and Mathematics Education**, p. 1-19, 2016.

KOEHLER, M.; MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Contemporary issues in technology and teacher education**, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009.

KOEHLER, M., MISHRA, P.; CAIN, W. What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, v. 193, n. 3, 2013.

LUFT, J.; HILL, K.; NIXON, R.; CAMPBELL, B.; DUBOIS, S. The knowledge needed to teach science: Approaches, implications, and potential research. In annual meeting of *ASTE*. Portland, OR, 2015.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Cess-Newsome & N. G.Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Springer, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, (1999)..

MARTINS, I. P.. Inovar o ensino para promover a aprendizagem das ciências no 1.º Ciclo. **Noesis**, v. 66, p. 30-33, 2006.

MODY, C. C. M. Scientific practice and science education. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1026-1032, 2015. doi:10.1002/sce.21190

MURPHY, C.; VARLEY, J.; VEALE, O. I'd rather they did experiments with us.... Than just talking: Irish children's views of primary school science. **Research in Science Education**, v. 42, n. 3, p. 415-438, 2012. doi:10.1007/s11165-010-9204-3

MURPHY, C., SMITH, G., VARLEY, J., & RAZI, Ö. (2015). Changing practice: An evaluation of the impact of a nature of science inquiry-based professional development programme on primary teachers. **Cogent Education**, v. 2, n. 1, p. 1077692.

OSBORNE, J. An argument for arguments in science classes. **Phi Delta Kappan**, v. 91, n. 4, p. 62-65, 2009.

OSBORNE, J.; DILLON, J. **Science education in Europe: critical reflections**. London: The Nuffield Foundation, 2008.

PARK, S.; OLIVER, J. S. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in science Education**, v. 38, n. 3, p. 261-284, 2008.

ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D.; WALBERG-HENRIKSSON, H.; HEMMO, V. **Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe**. Bruxelas, 2007: Comissão Europeia.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SPENCER, R.; HUSS, J. Playgrounds for the mind. **Children & Libraries: The Journal of the Association for Library Service to Children**, v. 11, n. 3, p. 41-46, 2013.

YOUNG, M. Para que servem as escolas. **Educação e Sociedade**, v. 28 n. 101, p. 1287-1302, 2007.

YOUNG, M. From constructivism to realism in the sociology of the curriculum. **Review of research in education**, v. 32, n. 1, p. 1-28, 2008.

YOUNG, M. The future of education in a knowledge society: The radical case for a subject-based curriculum. **Journal of the Pacific Circle Consortium for Education**, v. 22, n. 1, p. 21-32, 2010.

ZAWOJEWSKI, J., CHAMBERLIN, M., HJALMARSON, M., LEWIS, C. **Developing design studies in mathematics education professional development: Studying teachers' interpretive systems**. Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching, p. 216-245, 2008.

ZEHETMEIER, S., ANDREITZ, I., ERLACHER, W., & RAUCH, F. Researching the impact of teacher professional development programmes based on action research, constructivism, and systems theory. **Educational action research**, v. 23, n. 2, p. 162-177, 2015.

²**This work is supported by national funds through FCT - Foundation for Science and Technology, I. P., in the context of the project UID/CED/02861/2016**