



## **Maria Cristina Oliveira da Costa**

Mestre em Matemática pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

# Promover o desenvolvimento profissional de professores através da integração curricular das STEM

Dissertação para Obtenção do Grau de Doutor em Ciências da Educação, Especialidade em  
Teoria do Desenvolvimento Curricular

Orientador: António Manuel Dias Domingos, Professor Auxiliar,  
Universidade Nova de Lisboa

Júri

Presidente: Maria Paula Pires dos Santos Diogo, Professora  
Catedrática, [Universidade Nova de Lisboa

Arguentes: Maria da Conceição Monteiro da Costa, Professora  
Coordenadora, Instituto Politécnico de Coimbra

Hélia Margarida Aparício Pintão de Oliveira, Professora  
Auxiliar, Universidade de Lisboa

Vogais: Carlos Francisco Mafra Ceia

Francisco José Brito Peixoto

António Manuel Dias Domingos

Setembro de 2019



**[Promover o desenvolvimento profissional de professores através da integração curricular das STEM]**

Copyright © [Maria Cristina Oliveira da Costa], Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



Ao meu pai,  
apesar de já não estar fisicamente presente,  
continua a ser um exemplo de resiliência perante as adversidades da vida.  
Foi decisivo o seu incentivo para seguir sempre mais além e concretizar os meus sonhos.



## Agradecimentos

A minha escolha por esta área de investigação resulta de um processo de crescimento e amadurecimento pessoal e profissional que só foi possível graças à influência positiva de vários intervenientes. Começo por agradecer ao meu orientador, Professor Doutor António Domingos, pelas longas conversas inspiradoras que tivemos e que contribuíram para a elaboração e enriquecimento deste trabalho. Apesar do seu conhecimento e elevada competência, com o qual me guiou neste percurso, sempre deixou o caminho aberto para eu desenvolver esta investigação, de acordo com as minhas escolhas particulares. Em segundo lugar, agradeço ao Professor Doutor Vítor Teodoro, o qual apesar de não ser formalmente meu orientador, foi um grande mentor que sempre me incentivou a prosseguir com este projeto desde o seu início. A sua colaboração no programa de desenvolvimento profissional de professores foi essencial para a eficácia do mesmo.

Aos meus colegas de doutoramento e do Instituto Politécnico de Tomar que me acompanharam nesta importante etapa e cujo apoio foi essencial para me dar forças para prosseguir neste percurso que durou quatro anos. Aos meus amigos, pela partilha de momentos únicos que enriquecem a minha vida pessoal e ajudam a ultrapassar os momentos menos bons.

À Diretora do Centro de Formação e aos Diretores de Agrupamentos de Escola envolvidos, pela sua confiança em acolher o projeto de desenvolvimento profissional. A todos os professores que participaram neste programa, em particular, àqueles que aceitaram partilhar o seu trabalho de forma a contribuir para o conhecimento.

À minha família, pela sua confiança incondicional, em particular ao Paulo, principalmente nos últimos dois anos, pela sua disponibilidade para acompanhar os nossos filhos, pois sem a mesma este projeto seria ainda mais difícil de concretizar. Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus dois filhos, Ricardo e Eduardo, que são as minhas fontes de grande inspiração, pois foi através deles que tive contato com o nível de ensino sobre o qual começou por incidir esta investigação. As crianças são o nosso futuro e é através delas que devemos intervir de modo a contribuir para construir uma sociedade mais bem preparada para os desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes das nações modernas.

Ao Instituto Politécnico de Tomar pela confiança que depositou em mim e pela sua grande visão em acolher e me deixar conduzir os projetos que dirijo, alguns dos quais serviram de suporte a esta investigação.

Termino com os meus agradecimentos à Fundação para a Ciência e a Tecnologia, pelo apoio concedido através dos seguintes projetos de investigação:

- PTDC/CED-EDG/32422/2017
- UID/CED/02861/2016.





## Resumo

Face a um declínio no interesse dos jovens pelas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), a literatura recomenda uma intervenção ao nível dos primeiros anos de escolaridade, através da realização de atividades práticas *hands-on*, de forma a motivar os estudantes pela aprendizagem nestas áreas. Os professores são um elemento chave em qualquer processo de intervenção pedagógica, o que torna essencial promover o seu desenvolvimento profissional. Desta forma, levantam-se as seguintes questões: O que promove a eficácia de um programa de desenvolvimento profissional? Como se caracteriza o conhecimento para ensinar que promove a inovação das práticas dos professores?

Com uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa e com uma metodologia de *Teacher Design Research*, foram realizados três ciclos que decorreram durante três anos letivos. Os participantes foram professores do primeiro ciclo do ensino básico que se inscreveram em ações de formação acreditadas criadas em parceria com um Centro de Formação e aprovadas pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua. A recolha de dados resultou da aplicação de questionários, testes diagnóstico, observação participante, entrevistas semiestruturadas e os portefólios escritos pelos professores no âmbito da sua participação nas ações de formação.

Como resultado, verificou-se ser necessário os professores adquirirem conhecimentos especializados específicos para conseguirem implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, o que levou à proposta de um modelo que caracterizasse esses conhecimentos, o qual não foi encontrado na literatura existente. Entre as principais estratégias que contribuíram para a eficácia do programa de desenvolvimento profissional, destaca-se o trabalho colaborativo desenvolvido, nomeadamente as visitas dos formadores às aulas dos formandos para realizar atividades práticas com os respetivos alunos e a partilha de boas práticas entre os pares. Por fim, conclui-se que é fundamental criar uma rede de apoio à formação dos professores, de forma a que estes adquiram conhecimentos especializados para ensinar e capacidade para implementar as práticas letivas propostas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento profissional, interdisciplinaridade, STEM, ensino básico, questionamento investigativo.



## Abstract

To face a decline in young people's interest by STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), literature recommends an intervention at the level of the first years of schooling, through hands-on experiments, in order to motivate students to learn in these subjects. Teachers are the key to any process of pedagogical innovation. For this reason, it is crucial to promote their professional development. In this regard, the following questions raise: What promotes the efficacy of a professional development programme? What is the knowledge that promotes innovation in teachers' practices?

With a qualitative approach of interpretative nature and a Teacher Design Research (TDR) methodology, three cycles of TDR were performed during three school years. Participants were primary school teachers who made their inscription in a continuing professional development programme developed with a partnership with a training centre. Data collection resulted from questionnaires, diagnostic tests, participant observation, semi structured interviews and the portfolios written by the teachers in the context of their participation in the programme.

As a result, it was verified that teachers need to acquire specific specialized knowledge to teach in order to be able to implement hands-on experiments related to STEM, which conducted to the proposal of a model that characterizes this knowledge, which was not found in literature. Among the main strategies that have contributed to the efficacy of the programme it is highlighted the collaborative work namely visits to the teachers' classroom to perform hands-on experiments and the sharing of good practices amongst the peers. Finally, it is concluded that it is crucial to create a network to support teachers' professional development in order for them to acquire specialized knowledge and skills to implement the proposed practices.

**Keywords:** Teachers' professional development, interdisciplinarity, STEM, primary school, inquiry.



# Índice Geral

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice Geral</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xv</b>
<b>Siglas e Acrónimos</b> .....	<b>xix</b>
<b>1 Introdução e contexto do estudo</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivação para este estudo .....	1
1.2 Enquadramento e pertinência do estudo .....	4
1.3 Contexto do estudo: Um projeto de intervenção pedagógica interdisciplinar .....	7
1.4 Objetivos e questões de investigação .....	11
1.5 Organização do estudo .....	12
<b>2 Revisão da literatura e enquadramento teórico</b> .....	<b>13</b>
2.1 O Ensino das Ciências pela Experimentação promovendo a Interdisciplinaridade .....	13
2.2 Estratégias de ensino .....	24
2.3 Necessidade de mudar o paradigma: Problemas diagnosticados .....	30
2.4 Desenvolvimento Profissional dos Professores .....	34
2.5 Os tipos de conhecimentos na educação científica .....	43
2.6 Síntese do enquadramento teórico .....	55
<b>3 Metodologia</b> .....	<b>57</b>
3.1 Razões para as opções metodológicas .....	57
3.2 Abordagem qualitativa de natureza interpretativa .....	58
3.3 Design Research .....	60
3.4 A metodologia de <i>Teacher Design Research (TDR)</i> .....	61
3.5 Recolha de dados .....	66
3.6 Participantes .....	67
3.7 Questões éticas e validação do estudo .....	70

<b>4 O estudo empírico: programa de desenvolvimento profissional de professores e avaliação dos <i>workshops</i></b> .....	<b>71</b>
4.1 O Programa de Desenvolvimento Profissional de professores .....	71
4.2 Os temas abordados no âmbito do projeto mais amplo .....	74
4.3 Os tópicos curriculares de Ciências no 1.º CEB .....	75
4.4 Avaliação dos workshops pelos professores .....	83
4.5 Síntese do contexto do estudo empírico .....	88
<b>5 Apresentação e análise de dados dos três ciclos de TDR</b> .....	<b>91</b>
5.1 Impacto do Programa de Desenvolvimento Profissional nos professores ao longo dos três ciclos de TDR .....	91
5.2 As perceções dos professores sobre o contexto formativo do 2.º ciclo de TDR .....	105
5.3 Estudos de caso .....	113
5.4 Síntese do impacto do programa de desenvolvimento profissional .....	166
5.5 Dimensões de análise da investigação .....	170
<b>6 Conclusões: desenvolvimento profissional de professores em STEM, da teoria à prática</b> .....	<b>177</b>
6.1 Inovação das práticas dos professores .....	178
6.2 Estratégias que promovem a eficácia do PDP .....	180
6.3 O conhecimento dos professores para ensinar .....	182
6.4 Divulgação dos resultados em conferências e publicações em revistas internacionais .....	185
6.5 Síntese das conclusões .....	186
6.6 Trabalho para o futuro: continuidade, alargamento e investigação .....	188
<b>Referências</b> .....	<b>191</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>209</b>
Anexo A – Pré-análise: Primeiras dimensões identificadas nos relatórios .....	211
Anexo B – Segunda fase de pré-análise: Reorganização das dimensões identificadas nos relatórios ...	221
Anexo C – Planificação de atividades práticas de professores .....	231
Anexo D – Questionários aplicado aos alunos .....	235
Anexo E – Questionário aplicado aos professores .....	237
Anexo F – Teste diagnóstico aplicado aos professores .....	241

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Caracterização dos professores participantes nos estudos de caso.....	68
Tabela 4.1: Tópicos da formação “Matemática e Ciências: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2015/2016.....	72
Tabela 4.2: Oficina de formação “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2016/2017.....	72
Tabela 4.3: Temas das atividades práticas realizadas com os professores e nas visitas às escolas.....	74
Tabela 5.1: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de ciências....	115
Tabela 5.2: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de STEAM. ..	135
Tabela 5.3: Conteúdos das tarefas implementadas pela professora Manuela.....	145
Tabela 5.4: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de STEAMH. ....	146
Tabela 5.5: Registo de medições em decibéis do som provocado por um dos alunos da turma.....	149
Tabela 5.6: Resultado das medições do som em decibéis, de todos os alunos da turma.....	149
Tabela 5.7: Nível de ruído de alguns eletrodomésticos de acordo com o respetivo modelo.....	152
Tabela 5.8: Conteúdos de tarefas propostas pela professora Marina .....	154
Tabela 5.9: Conteúdos das tarefas relacionadas com as STEM .....	165
Tabela 5.10: Dimensões identificadas nos relatórios dos professores. ....	171
Tabela 6.1: Dimensões relacionadas com o tipo de práticas letivas.....	224





## Índice de Figuras

Figura 1.1: Logótipo da Academia da Ciência, Arte e Património ( <a href="http://www.academiacap.ipt.pt">www.academiacap.ipt.pt</a> )....	2
Figura 1.2: Actividades nas férias das crianças (Natal 2013) nos laboratórios do IPT.....	3
Figura 1.3: Visita a uma turma do 3.º ano de escolaridade do 1.º CEB (3/02/2014). ....	3
Figura 1.4: Academia da Ciência, Arte e Património ( <a href="http://www.academiacap.ipt.pt">www.academiacap.ipt.pt</a> ). ....	8
Figura 1.5: Objetivo da Academia da Ciência, Arte e Património.....	8
Figura 1.6: “Oficina do Livro”, atividade destinada a famílias realizada no Convento de Cristo e na Biblioteca Municipal de Ponte de Sor .....	9
Figura 1.7: Atividade realizada na Biblioteca da FCT-UNL, no âmbito da Quinzena "Diálogos de Ciência e Tecnologia, Língua e Arte(s) em Cidadania" (Costa, 2016).....	9
Figura 1.8: Jogo de Realidade Aumentada destinado a promover a aprendizagem sobre o Sistema Solar.....	10
Figura 2.1: Características do modelo de Integração Autêntica (Treacy & O’Donoghue, 2014, p. 710).....	19
Figura 2.2: Domínios de conhecimento para ensinar Matemática (Ball; Thames; Phelps, 2008, p. 403).....	46
Figura 2.3: Domínios de conhecimento didático (Ponte, 2012, p. 86).....	47
Figura 2.4: Bases do conhecimento para ensinar (Park & Oliver, 2008, p. 263) .....	48
Figura 2.5: Modelo hexagonal do PCK para ensinar ciências (Park & Oliver, 2008, p. 279) ....	48
Figura 2.6: Domínios de conhecimento tecnológico (Koehler, Mishra, & Cain, 2013, p. 15) ...	49
Figura 2.7: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Interdisciplinar (An, 2017, p. 239). ....	51
Figura 2.8: As quatro áreas que integram as STEM.....	52
Figura 2.9: Alguns cruzamentos das áreas que integram as STEM. ....	52
Figura 2.10: A integração das STEM.....	53
Figura 2.11: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK).....	53
Figura 2.12: As várias categorias de Conhecimento necessário para ensinar as STEM. ....	54
Figura 2.13: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico para integrar as STEAMH. ....	54
Figura 3.1: Iterações de ciclos sistemáticos de design (Plomp, 2013, p. 17).....	60
Figura 3.2: Refinamento de problemas, soluções, métodos, e princípios de <i>design</i> (Reeves, 2006, p. 98).....	61
Figura 3.3: Rede colaborativa para implementar o PDP .....	63

Figura 3.4: Atividades a implementar pelos professores. ....	64
Figura 4.1: Caderno de registos.....	75
Figura 4.2: Alunos a registarem os dados observados durante a realização das tarefas.....	75
Figura 4.3: Resposta à questão n.º 2, antes e depois da sessão. ....	80
Figura 4.4: Resposta à questão n.º 5, antes e depois da sessão. ....	80
Figura 4.5: Acender lâmpada(s) com pilhas comerciais e pilhas biológicas.....	81
Figura 4.6: Desenhos dos professores (como acender uma ou duas lâmpadas com uma pilha) .	82
Figura 4.7: Exemplo das respostas de um dos professores ao questionário.....	83
Figura 4.8: Observações dos professores. ....	84
Figura 5.1: Respostas de um dos professores ao questionário. ....	93
Figura 5.2: Exemplo das respostas dos professores ao questionário.....	94
Figura 5.3: Visualização do Saturno com o <i>software Solar Walk</i> .....	94
Figura 5.4: Problemas de matemática relacionados com o Sistema Solar. ....	95
Figura 5.5: Resultados globais (médias e erro padrão das médias) antes e após a realização do <i>workshop</i> .....	100
Figura 5.6: Resultados dos itens 5 (à esquerda) e 8 (à direita) antes e após a realização do <i>workshop</i> .....	100
Figura 5.7: Conhecimento para implementar atividades práticas de ciências.....	115
Figura 5.8: Conhecimento para implementar atividades práticas <i>hands-on</i> de ciências.....	116
Figura 5.9: Atividades práticas de eletricidade. ....	117
Figura 5.10: Medições do peso e do diâmetro da fruta. ....	117
Figura 5.11: Registos de um aluno sobre as tarefas realizadas. ....	118
Figura 5.12: Construção de um eletroíman. ....	119
Figura 5.13: Tarefa proposta pela professora Luísa. ....	119
Figura 5.14: Os alunos a manifestarem satisfação durante a realização das tarefas .....	121
Figura 5.15: O aluno a manifestar pena pelas sessões de eletricidade acabarem.....	121
Figura 5.16: Medir e registar a altura.....	122
Figura 5.17: Excerto da ficha proposta pela professora e registos das alturas de todos alunos.	123
Figura 5.18: Resolução de um dos alunos.....	124
Figura 5.19: Atividades práticas propostas pela professora Mariana.....	126
Figura 5.20: Atividades práticas propostas pela professora Mariana (Cont.).....	127
Figura 5.21: Experiências sobre o som realizadas pela professora Mariana.....	127
Figura 5.22: Experiências sobre o som realizadas pela professora Mariana (Cont.).....	128
Figura 5.23: Atividades práticas relacionadas com o Som, implementadas pela professora Mariana.....	128
Figura 5.24: Atividades práticas relacionadas com a eletricidade. ....	129
Figura 5.25: Conhecimento específico para implementar atividades práticas <i>hands-on</i> de ciências.....	130
Figura 5.26: Perceções dos alunos sobre a Terra, a Lua e o Sistema Solar.....	134
Figura 5.27: Marcação dos raios das órbitas dos planetas. ....	136
Figura 5.28: Modelação dos planetas.....	137

Figura 5.29: Modelos do Sistema Solar. ....	138
Figura 5.30: Resolução de alguns dos exercícios propostos. ....	139
Figura 5.31: Resolução de alguns dos exercícios propostos. ....	140
Figura 5.32: Marcação da órbita dos planetas recorrendo a uma fita métrica. ....	141
Figura 5.33: Os planetas com as cordas (esquerda) e a “corrida” (direita). ....	142
Figura 5.34: Apresentação do trabalho sobre o Sistema Solar pela turma da professora Manuela. ....	145
Figura 5.35: Conhecimento específico para implementar atividades práticas de STEAMH. ...	146
Figura 5.36: Perceções dos alunos sobre o som. ....	148
Figura 5.37: Protótipo de visualização do som. ....	148
Figura 5.38: Propagação do som e medição da intensidade do som. ....	149
Figura 5.39: Gráficos e tabelas construídas pelos alunos. ....	150
Figura 5.40: Exemplos de etiquetas com informação sobre os eletrodomésticos. ....	151
Figura 5.41: Representação dos dados da tabela através de um diagrama de caule e folhas. ...	153
Figura 5.42: Respostas dos alunos às questões colocadas pelos professores. ....	153
Figura 5.43: Projeto dos alunos sobre Pilhas e Baterias. ....	156
Figura 5.44: Organização das pilhas de acordo com os seus tamanhos e modelos. ....	157
Figura 5.45: Organização e Tratamento de Dados a partir das pilhas velhas e das baterias de telemóvel. ....	158
Figura 5.46: Medição da diferença de potencial das pilhas. ....	159
Figura 5.47: Acender lâmpadas com as pilhas velhas. ....	159
Figura 5.48: Acender uma lâmpada com uma pilha. ....	160
Figura 5.49: Desenhos dos alunos: Acender a lâmpada com uma pilha e circuito com interruptor. ....	161
Figura 5.50: Medir a diferença de potencial de pilhas comerciais. ....	162
Figura 5.51: Medição da d.p. e da intensidade de corrente de pilhas biológicas. Cálculo da potência máxima fornecida. ....	163
Figura 5.52: Medição da d.p. e da intensidade de corrente. Cálculo da potência máxima fornecida. ....	163
Figura 5.53: Circuitos com pilhas biológicas. ....	164



## Siglas e Acrónimos

1.º CEB	1.º Ciclo do Ensino Básico
2.º CEB	2.º Ciclo do Ensino Básico
3.º CEB	3.º Ciclo do Ensino Básico
IBME	<i>Inquiry-based Mathematics Education</i>
IBSE	<i>Inquiry-based Science Education</i>
IPT	Instituto Politécnico de Tomar
ME	Ministério da Educação
PNPSE	Programa Nacional de Promoção do Sucesso Escolar
PDP	Programa de Desenvolvimento Profissional
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics
STEAMH	Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage
TDR	<i>Teacher Design Research</i>



# 1 Introdução e contexto do estudo

Neste capítulo, começa-se por apresentar a motivação, enquadramento e pertinência deste estudo. Neste sentido, refere-se a importância do ensino das ciências através de atividades práticas *hands-on*, assim como a promoção da interdisciplinaridade e as estratégias de ensino recomendadas para uma aprendizagem mais significativa, nos primeiros anos de escolaridade. De seguida, destaca-se o papel dos professores como crucial em qualquer processo de renovação pedagógica. Na secção 1.4, apresentam-se os objetivos e formulam-se questões de investigação, às quais se pretende responder com o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, dá-se conta da organização do estudo.

## 1.1 Motivação para este estudo

Com a entrada dos filhos no 1.º Ciclo do Ensino Básico (1.º CEB), a investigadora apercebeu-se de um ensino que, na maioria das vezes, não dá resposta às necessidades individuais de cada criança, principalmente às mais curiosas que sentem necessidade de observar, experimentar, manipular e questionar, num esforço para entender o mundo que as rodeia. Na verdade, muitos professores continuam a manter um ensino tradicional expositivo com base nos manuais escolares, por acharem que em turmas grandes e com a pressão das provas de avaliação de âmbito nacional não há espaço para abordagens experimentais. Por outro lado, a preocupação com o comportamento das crianças, cada vez mais curiosas e exigentes, faz com que muitos professores tenham receio de realizar atividades que possam perturbar o normal funcionamento das aulas, sendo menos arriscado manter um ensino com base na exposição de conteúdos aos alunos. Além disso, a maioria dos professores do 1.º CEB, no ativo, não recebeu formação inicial adequada de forma a obterem conhecimentos que lhes permitam desenvolver abordagens que envolvam a realização de atividades práticas com os respetivos alunos, como por exemplo as relacionadas com ciências.

O Psicólogo e Professor Doutor, Eduardo Sá, também refere com apreensão a situação em que está a escola no nosso País e o impacto que esta está a ter nas crianças. No seu livro "Hoje não vou à escola" (Sá, 2014) escreve:

A escola do futuro tem de (...) ser uma escola onde haja espaço e tempo para falar, para experimentar e para compreender (...) que ligue curiosidade, orgulho, ambição, sonho e paixão, história e futuro (...) temos o dever de a recriar. Todos juntos! (p. 8)

Mesmo que não seja possível criar “a escola do futuro”, a investigadora acredita que consegue contribuir para tornar a escola mais criativa, estimulante e interessante para as crianças, ajudando assim a preparar a nova geração para um futuro com desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes e complexos, os quais estão relacionados com o domínio de conhecimentos relacionados com as STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

O facto de a investigadora estar integrada numa Escola Superior de Tecnologia de um Instituto Politécnico, a par com a importância cada vez mais crescente de o ensino superior intervir na comunidade envolvente, foi determinante para desenhar e concretizar um projeto de intervenção pedagógica destinado ao Ensino Básico. Neste sentido, foi proposta ao Instituto Politécnico de Tomar (IPT) a criação da Academia da Ciência, Arte e Património (AcademiaCAP) que foi aprovada em 2013 e integrada nas Unidades de Desenvolvimento Tecnológico e Artístico deste Instituto (Figura 1.1).



Figura 1.1: Logótipo da Academia da Ciência, Arte e Património ([www.academiacap.ipt.pt](http://www.academiacap.ipt.pt)).

As primeiras atividades da AcademiaCAP começaram por ter lugar nos laboratórios do IPT, nas férias escolares das crianças (Figura 1.2). Mas, dada a crescente procura por este tipo de atividades, rapidamente se percebeu ser essencial ir às escolas do Ensino Básico implementar atividades práticas de ciências que envolvessem a manipulação de materiais por parte dos estudantes. A primeira visita decorreu em fevereiro de 2014 e teve lugar numa turma do 3.º ano de escolaridade do 1.º CEB (Figura 1.3).





Figura 1.2: Atividades nas férias das crianças (Natal 2013) nos laboratórios do IPT.

Nesta visita, os alunos realizaram diversas experiências relacionadas com a eletricidade (Figura 1.3). O entusiasmo das crianças foi de tal ordem que quando chegou a hora de almoço ninguém queria sair. Mais de meia hora depois do horário em que a aula devia ter terminado, os alunos não queriam abandonar a sala. Um aluno teve que sair, contrariado, porque tinha hora marcada no dentista e a mãe não permitiu que ele se atrasasse, mas passados 45 minutos estava de volta, porque fazia questão de continuar a atividade.



Figura 1.3: Visita a uma turma do 3.º ano de escolaridade do 1.º CEB (3/02/2014).

Na sequência desta primeira experiência numa escola do 1.º CEB, a professora titular da turma deu o seu testemunho:

(...) considerei particularmente valiosa a prática realizada com a equipa constituída por professores de Ensino Superior (...) onde alunos na faixa etária dos 8 anos, experimentaram e realizaram práticas com acesso a vários instrumentos e técnicas sugeridas e que lhes permitiram construir os seus saberes.

(...) para além dos registos posteriormente realizados, sempre que eram confrontados com a aplicação das aprendizagens já “descobertas”, utilizavam os conhecimentos adquiridos naquela aula.

As atividades estiveram perfeitamente adequadas ao ano de escolaridade, pois enquadra-se num dos descritores de desempenho desta área curricular de Estudo do Meio.

Esta visita, realizada numa escola do ensino básico, contribuiu para verificar que quer os alunos quer os professores apreciam e valorizam este tipo de intervenções. O testemunho da professora foi um incentivo que contribuiu para que fosse inevitável continuar a desenvolver este tipo de atividades.

Das visitas às escolas do ensino básico à formação de professores foi um caminho óbvio uma vez que são eles que estão diariamente com os alunos. De facto, os professores são uma peça fulcral em qualquer processo de intervenção pedagógica, o que justifica a importância de criar um programa de formação, destinado aos mesmos, que seja eficaz de modo a que estes consigam inovar as suas práticas letivas.

Com o crescimento do projeto da AcademiaCAP e com os desafios cada vez maiores, relacionados com a sua intervenção na comunidade envolvente, começou a fazer sentido passar a desenvolver investigação sobre o mesmo, o que finalmente aconteceu em 2015. Dada a importância do papel dos professores, o foco desta investigação é o seu desenvolvimento profissional.

## **1.2 Enquadramento e pertinência do estudo**

Para além da importância do ensino das ciências, nos últimos anos têm vindo a aumentar os apelos para a promoção da interdisciplinaridade entre as várias áreas curriculares. De facto, para resolver os problemas da vida real, são necessárias equipas interdisciplinares em vez de especialistas em apenas uma única disciplina (Baker & Galanti, 2017; Rennie, Venville, & Wallace, 2012). Assim, com o objetivo de preparar melhor os estudantes para os desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes de um mundo em rápida mudança são necessários conhecimentos na área das STEM (English, 2017; European Schoolnet, 2018; Office of the Chief Scientist, 2016). De acordo com Çorlu, Capraro e Capraro (2014), a educação em STEM consiste numa abordagem interdisciplinar que adota a necessidade de ensinar Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática de uma forma integrada. Com o objetivo de integrar as Artes nas STEM, surgiu o acrónimo STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), o qual tem vindo a ganhar protagonismo ao ponto de uma abordagem integrada, envolvendo estas matérias, fazer parte do currículo de vários países (e.g., Kim & Bolger, 2017). Da mesma maneira, a educação em STEM também tem vindo a integrar cada vez mais o currículo em várias nações (e.g., Bybee, 2010).

A importância da promoção da interdisciplinaridade, em particular com as STEM, também é reconhecida pela comunidade da educação em matemática. Por exemplo, no congresso europeu de investigação em educação matemática (CERME - Congress of European Research in Mathematics Education), que decorreu em fevereiro de 2019, foi incluído pela primeira vez um grupo temático na área das STEM: “Mathematics in the Context of STEM Education” [Matemática no contexto da Educação em STEM] (<https://cerme11.org/>).

Em Portugal, no “Encontro de Investigação em Educação Matemática” (EIAM 2018), realizado em novembro de 2018 (<http://eiem2018.spiem.pt/>) em Coimbra, as STEM também estiveram representadas nos grupos de discussão, o que mostra que no nosso País a investigação na área das STEM tem vindo a ganhar protagonismo na área da investigação em Educação Matemática. Por exemplo, no 34.º ProfMat – Encontro Nacional de Professores de Matemática e no 29.º SIEM – Seminário de Investigação em Educação Matemática, realizados em Almada de 4 a 7 de abril 2018, a interdisciplinaridade, em particular as STEM, também estiveram representadas. No ProfMat foi apresentada a conferência com discussão “As STEM no 1.º ciclo ensino básico: Um projeto de intervenção pedagógica interdisciplinar” (<http://domitila.edu.pt/ProfMat2018/programa/confCDiscussao.html>).

No entanto, vários relatórios internacionais (e.g., Osborne & Dillon, 2008; Rocard et al., 2007) identificam um declínio no interesse dos jovens pela matemática e ciências. Mais recentemente, o relatório da Comissão Europeia “Education Policies in Europe” (European Schoolnet, 2018) continua a identificar pouco interesse pelas áreas das STEM quer a nível académico quer em futuras carreiras profissionais. Esta tendência é preocupante porque poderá comprometer o futuro das próximas gerações no que se refere ao desenvolvimento tecnológico e bem-estar ambiental e social (e.g., Sharma & Yarlagadda, 2018). Uma das explicações para este fenómeno poderá ter a ver com uma educação em ciências inadequada e pouco eficaz nos primeiros anos de escolaridade (Eurydice, 2012; Kennedy, 2013). Para fazer face a este cenário, os relatórios acima citados, salientam a necessidade de criar novas estratégias de ensino que despertem o interesse dos estudantes por estas áreas.

Em Portugal, também se verifica um desinteresse dos alunos pelas STEM, uma vez que apenas 35% dos alunos inscritos no Ensino Secundário, nos anos letivos 2011/2012 e 2012/2013, se encontravam matriculados em cursos de Ciências e Tecnologia, de acordo com os dados da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência [DGEEC] (2014). Por exemplo, relativamente ao ensino experimental das ciências, já em 2004, Mariano Gago identificava dificuldades na sua implementação:

Em Portugal faz-se pouco ensino experimental, e a luta pela experimentação no ensino tem mostrado resistências quase inultrapassáveis, contribuindo para tornar a escola socialmente menos inclusiva e as ciências que aí se ensinam mais longe da tecnologia e da própria prática científica. (p. 1-2)

Este panorama é preocupante, uma vez que a atividade experimental no ensino das ciências é entendida como peça fundamental na promoção da aprendizagem. De acordo com Afonso,

Neves e Morais (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).

Mais recentemente, alguns estudos desenvolvidos no âmbito de teses de doutoramento, em Portugal, continuam a referir dificuldades relacionadas com a implementação do ensino das ciências. Por exemplo, Correia (2014, p. 5) refere que:

(...) o ensino das ciências nos primeiros anos de escolaridade baseia-se, na generalidade, na leitura dos manuais e na colocação de perguntas pelo professor que apenas aceita as respostas corretas, sem ser dada aos alunos a possibilidade de intervir genuinamente e de aprender fazendo.

Também Gonçalves (2016) refere dificuldades manifestadas pelos professores na implementação do ensino das ciências nas escolas do 1.º Ciclo do Ensino Básico e que a resistência a esta implementação está relacionada com insegurança dos professores relativamente aos conceitos científicos. Estes “conceitos científicos” têm a ver com os conhecimentos sobre a matéria a ensinar, neste caso relacionada com as ciências.

Para fazer face ao desinteresse dos estudantes, pelas áreas relacionadas com as STEM, é fundamental intervir ao nível dos primeiros anos de escolaridade, de forma a motivar os estudantes para a aprendizagem nestas áreas (DeJarnette, 2012; Hallstrom, Hulten, & Lovheim, 2014; Rocard et al., 2007). Neste sentido, é crucial desenvolver atividades práticas, em aula, para os estudantes melhorarem o seu desempenho e adquirirem atitudes positivas perante as ciências (Mathers, Goktogen, Rankin, & Anderson, 2012; Mody, 2015; Varley, Murphy, & Veale, 2013). De facto, a importância da literacia científica em ciências é inquestionável ao ponto de estas serem obrigatórias na educação básica e secundária em praticamente todos os países (Harlen & Qualter, 2004).

De acordo com Hofstein e Lunetta (2004), o trabalho prático pode ser definido como uma experiência de aprendizagem na qual os estudantes interagem e manipulam materiais, de modo a observarem e compreenderem o mundo que os rodeia. Neste sentido, a denominação *hands-on* e *minds-on* tem surgido num contexto no qual os próprios estudantes manipulam os materiais, observam e questionam os resultados orientados pelo professor e discutem possíveis conclusões que devem ser partilhadas com a turma (Abrahams, Reiss & Sharpe, 2014; Katchevich, Hofstein & Mamlok-Naaman, 2013). No contexto deste estudo, a referência a atividades práticas *hands-on* enquadra-se nesta perspetiva que envolve a manipulação de materiais e a reflexão dos estudantes sobre as tarefas desenvolvidas sob a orientação dos professores.

Mas não basta realizar atividades práticas *hands-on* de ciências ou relacionadas com as STEM. As estratégias de ensino para as implementar, em aula, são cruciais para a eficácia das mesmas, de modo a promoverem a aprendizagem dos estudantes sobre as matérias em estudo. Neste sentido, pedagogias tais como *inquiry*, *inquiry-based learning* ou *inquiry-based education* são frequentemente defendidas como estratégias de ensino eficazes para promoverem a aprendizagem significativa dos estudantes (Alake-Tuenter et al., 2012; Krogh & Morehouse,

2014; Löfgren, Schoultz, Hultman, & Björklund, 2013; PRIMAS, 2011; Rocard et al., 2007). No Brasil, no contexto do ensino das ciências, Santana e Franzolin (2018) traduzem o *inquiry* como ensino por investigação e referem-se a: “ensino de ciências por investigação”. Em Portugal também surgem denominações tais como “Ensino Experimental Reflexivo das Ciências” ou mesmo “questionamento reflexivo” (Varela & Martins, 2013); ou, no caso da Educação Matemática, “ensino exploratório” (Oliveira, Menezes, & Canavarro, 2013).

Na investigação que aqui se apresenta há uma particularidade importante que tem a ver com o facto de esta abordagem surgir num contexto educacional que envolve atividades práticas *hands-on*, relacionadas com as STEM. Deste ponto de vista, as crianças são envolvidas em atividades investigativas, com as quais têm a oportunidade de manipular os materiais, questionar, discutir observações e resultados com os colegas com o objetivo de tirar conclusões. No decorrer deste processo, as tarefas são orientadas e conduzidas pelo professor através de desafios e de questões. Por este motivo, entendeu-se propor a denominação de questionamento investigativo à abordagem que decorre neste contexto educativo (Costa & Domingos, 2018e; Costa, Domingos, & Teodoro, 2018b).

Os professores desempenham um papel fundamental em qualquer processo de renovação pedagógica, o que torna prioritário promover o seu desenvolvimento profissional, de modo a inovar as suas práticas letivas (Hewson, 2007; Rocard et al, 2007). Desimone (2009), apresenta a definição dada por Little (1987, p. 491) para desenvolvimento profissional: “é qualquer atividade que tem por intenção preparar pessoal remunerado para um melhor desempenho no seu papel (presente ou futuro) nas escolas”. De acordo com Desimone (2009), no desenvolvimento profissional de professores devem ser medidas as características que conduzem aos resultados pretendidos, ou seja, aquelas que resultam em alterações no conhecimento, capacidades e práticas em aula dos professores. Assim, para promover o desenvolvimento profissional dos professores levantam-se as seguintes questões: O que define a eficácia de um programa de desenvolvimento profissional? Como se caracteriza o conhecimento para ensinar que promove a inovação das suas práticas letivas? Deste ponto de vista, o principal foco desta investigação é o desenvolvimento profissional dos professores.

### **1.3 Contexto do estudo: Um projeto de intervenção pedagógica interdisciplinar**

A Academia da Ciência, Arte e Património (AcademiaCAP), criada em 2013 e integrada nas Unidades de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico e Artístico, do Instituto Politécnico de Tomar, é um projeto de intervenção pedagógica, destinado a intervir no Ensino Básico (Figura 1.4).



Figura 1.4: Academia da Ciência, Arte e Património ([www.academiacap.ipt.pt](http://www.academiacap.ipt.pt)).

A AcademiaCAP é um projeto educativo que centra a sua atuação no estabelecimento de uma visão construtivista do conhecimento. Neste sentido, oferece à população local, um conjunto de atividades que permitem construir o conhecimento científico numa perspetiva experimental, que inclui a manipulação de materiais concretos e a realização de tarefas sobre as quais os participantes possam observar, questionar, refletir e construir, discutindo os resultados com vista à aprendizagem (Costa & Loureiro, 2016). A AcademiaCAP tem, ainda, por objetivo sensibilizar as crianças e os jovens para o valor que o património cultural detém, estimulando-os a tornarem-se sujeitos ativos na proteção e preservação do mesmo. Desta forma, este projeto educativo tem por principal objetivo contribuir para a construção do futuro das crianças, preparando-as para os desafios cada vez maiores do dia a dia (Figura 1.5).



Figura 1.5: Objetivo da Academia da Ciência, Arte e Património.

As atividades desenvolvidas pela AcademiaCAP resultam de um trabalho colaborativo, realizado por uma equipa multidisciplinar especializada nas várias áreas relacionadas com



Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática e Património. De facto, o Património faz parte do projeto da AcademiaCAP desde o seu início. Para além deste tópico estar integrado na área curricular de Estudo do Meio do 1.º CEB, o Património tem uma presença muito forte no mundo real e está relacionado com a interdisciplinaridade. Por este motivo, Costa e Domingos (2018a) propõem estender STEAM a STEAMH (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage) acrescentando H de Heritage (Património) à sigla anterior.

No âmbito do projeto da AcademiaCAP, são promovidas diversas iniciativas, entre elas, dinamização de sessões com crianças nos laboratórios da instituição nas suas férias escolares e diversos *workshops* em colaboração com entidades externas tais como Centros de Formação e Bibliotecas Municipais, entre outras (Figura 1.6 e Figura 1.7). Além disso, também são realizadas diversas visitas às escolas, do 1.º CEB, para realizar atividades práticas *hands-on*, que vão de encontro aos conteúdos programáticos deste ciclo, em colaboração com os respetivos professores titulares das turmas. Desde 2015 que são promovidas ações de formação acreditadas para os professores dos três ciclos do Ensino Básico em parceria com um Centro de Formação local e aprovadas pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (Costa, 2017).



Figura 1.6: “Oficina do Livro”, atividade destinada a famílias realizada no Convento de Cristo e na Biblioteca Municipal de Ponte de Sor



Figura 1.7: Atividade realizada na Biblioteca da FCT-UNL, no âmbito da Quinzena "Diálogos de Ciência e Tecnologia, Língua e Arte(s) em Cidadania" (Costa, 2016).

Os membros e os colaboradores da AcademiaCAP que participam na preparação e realização das atividades científicas, culturais e artísticas, constituem uma equipa de professores e investigadores nas mais diversas áreas do saber tais como a Biologia, Química, Matemática, Física, Ambiente, Artes, Conservação e Restauro, Turismo, Vídeo e Cinema Documental, Comunicação Social, Tecnologias de Informação e Comunicação, Fotografia e diversos cursos de Engenharia. Este projeto conta, ainda, com alunos finalistas de licenciatura (Engenharia Informática e Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) e de mestrado (Produção de Conteúdos Digitais) do Instituto Politécnico, que criam e desenvolvem protótipos e artefactos, no âmbito do seu projeto de final de curso, para serem usados nas atividades da AcademiaCAP. Neste contexto, vários recursos como por exemplo jogos tais como o *Sonicpaper* (Ferreira, Neves, Costa, & Teramo, 2017), *SolarSystemGO* (Costa, Patrício, Carranço, & Farropo, 2018) e

*PlanetarySystemGO* (Manso, Costa, Patrício, & Carvalho, 2019), entre outros, foram desenvolvidos e estão a ser implementados nas escolas (Figura 1.8).

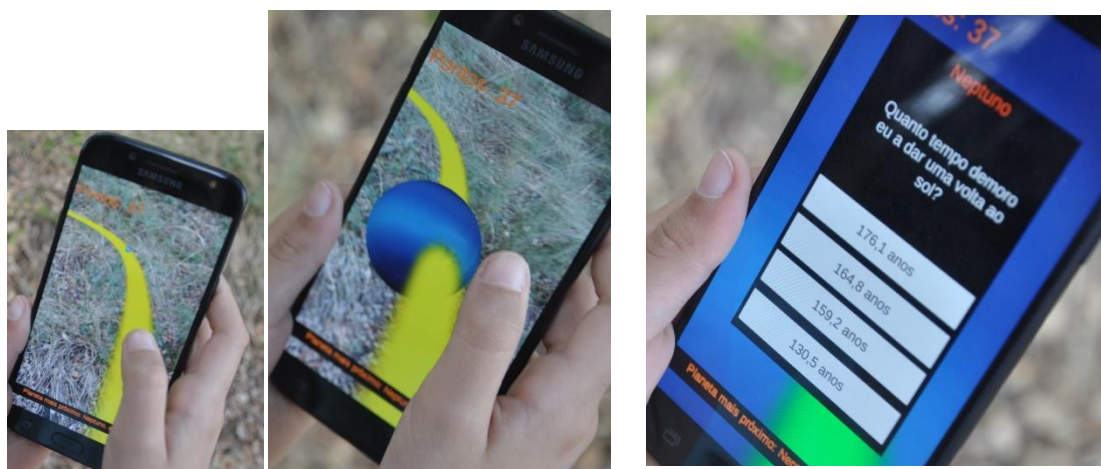


Figura 1.8: Jogo de Realidade Aumentada destinado a promover a aprendizagem sobre o Sistema Solar.

Os protótipos e jogos acima referidos são desenvolvidos com uma metodologia de *design research* (Costa & Domingos, 2019d). Neste sentido, as primeiras versões começam por ser testadas com estudantes do ensino básico, no âmbito das férias escolares da AcademiaCAP no IPT. Após cada teste, procede-se às respetivas correções e/ou melhoramentos podendo envolver vários ciclos até estarem em condições de serem implementados nas escolas. Depois de se verificar que os mesmos são adequados e aprovados pelos professores, a fase final é introduzi-los na formação de professores com vista a que os mesmos também consigam desenvolver estas abordagens com os respetivos alunos.

Relativamente às ações de formação acreditadas, nos anos letivos 2016/2017 e 2017/2018, estas foram escolhidas para o plano estratégico de alguns agrupamentos de escolas e integradas no Programa Nacional de Promoção do Sucesso Escolar e, por conseguinte, foram alvo de financiamento (POCH-04-5267-FSE-000042). Um dos vídeos sobre esta iniciativa encontra-se no site do Ministério da Educação (PNPSE, 2018).

Para além das ações de formação acreditadas, acima referidas, desde o ano letivo 2017/2018, a AcademiaCAP desenvolve as ações “Ciência nas escolas”, em parceria com a Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo (CIMT), no âmbito de um outro projeto cofinanciado pelo Centro2020. O projeto “Ciência nas escolas” envolve a Dinamização de ações para promover o ensino das ciências no ensino básico. Neste sentido, dispõe essencialmente de dois tipos de ações: sessões destinadas aos professores e sessões destinadas aos alunos do 1.º CEB. A área de influência deste último projeto é toda a Comunidade Intermunicipal (CIMT), a qual engloba 14 municípios e 18 agrupamentos de escolas.

A investigação que se segue assentou essencialmente no desenvolvimento profissional de professores do 1.º CEB que participaram em ações de formação acreditadas, criadas em parceria



com o referido Centro de Formação, no âmbito do projeto mais amplo da Academia da Ciência, Arte e Património.

## 1.4 Objetivos e questões de investigação

A motivação e o contexto desta investigação assentam no projeto de intervenção pedagógica interdisciplinar mais amplo da Academia da Ciência, Arte e Património que foi apresentado na secção anterior (Secção 1.3). Em particular, o foco deste estudo centra-se, como já referido, nos professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico (1.º CEB) que participaram em ações de formação acreditadas, na área da Matemática, Ciências e Tecnologia (Costa 2016, 2017), as quais decorreram durante três anos letivos: 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

Neste estudo, pretendeu-se promover o desenvolvimento profissional de professores do Ensino Básico, de forma que estes privilegiem a aprendizagem das ciências pela experimentação, de forma interdisciplinar e recorrendo ao questionamento investigativo. A interdisciplinaridade está essencialmente ligada à introdução de atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM. Em particular, pretendeu-se investigar como os professores do 1.º CEB, que participaram nas ações de formação acima referidas, integraram as STEM nas tarefas que implementaram em aula. Neste sentido, coloca-se a principal questão de investigação: Como integrar as STEM através de atividades práticas *hands-on* no 1.º CEB? As questões de investigação resultantes são as seguintes:

- Como implementar um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) de professores de modo a integrar as STEM através de atividades práticas *hands-on* no 1.º CEB?
- Quais são as características e/ou estratégias deste PDP que promovem a sua eficácia?
- Como se caracterizam os conhecimentos dos professores que são necessários para estes conseguirem implementar este programa em aula?

Com o objetivo de responder a estas questões, pretendeu-se caracterizar os conhecimentos dos professores e apresentar as estratégias que tornam um Programa de Desenvolvimento Profissional eficaz no sentido em que promove a inovação das práticas dos professores, de forma a conseguirem implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM. Além disso, é importante que o PDP seja sustentável; isto é, o impacto do PDP deve continuar a ter efeito nas práticas letivas dos professores que o frequentaram.

## 1.5 Organização do estudo

No primeiro capítulo, começou-se por apresentar a motivação, enquadramento e pertinência deste estudo. No final deste, foram apresentados os objetivos e formuladas as questões de investigação que assentam essencialmente no desenvolvimento profissional de professores do 1.º CEB, no que diz respeito à implementação de atividades práticas *hands-on* na área das STEM.

No segundo capítulo, é realizada a revisão da literatura e feito o enquadramento teórico desta investigação. Começa-se por diagnosticar um cenário internacional que refere várias dificuldades em implementar novas abordagens de ensino relacionadas com a introdução de atividades práticas de ciências, com a promoção da interdisciplinaridade, nomeadamente com a integração das STEM. De seguida, passa-se ao principal foco da investigação, o qual diz respeito ao desenvolvimento profissional dos professores, em particular aos conhecimentos necessários para ensinar.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia de investigação, nomeadamente a metodologia de *Teacher Design Research* (Bannan-Ritland, 2000), a qual se centra no desenvolvimento profissional dos professores. No quarto capítulo é apresentado o estudo empírico que assenta no projeto de intervenção mais amplo (Academia da Ciência, Arte e Património), o qual contribuiu para a motivação e para o desenvolvimento desta investigação. No quinto capítulo é feita a apresentação e análise de dados, a qual inclui análise documental dos portefólios entregues pelos professores e alguns estudos de caso de professores que participaram no programa de desenvolvimento profissional que envolve as referidas ações de formação acreditadas.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões que resultaram da investigação desenvolvida, durante três anos letivos, procurando responder às questões de investigação inicialmente colocadas. Por fim, tendo em conta que no decorrer desta investigação foram surgindo várias dimensões e inúmeras ideias de outras investigações a desenvolver, apresentam-se algumas propostas de trabalho para o futuro.

## **2 Revisão da literatura e enquadramento teórico**

Neste segundo capítulo, começa-se por referir a importância da educação em ciências, da promoção da interdisciplinaridade e das estratégias de ensino recomendadas para uma aprendizagem mais significativa. De seguida, são identificadas várias dificuldades relacionadas com a implementação das abordagens anteriores e defende-se a necessidade de uma intervenção pedagógica que ajude a ultrapassar as referidas dificuldades. Por fim, destaca-se o papel dos professores num processo de renovação pedagógica, a importância do seu desenvolvimento profissional e os tipos de conhecimentos necessários para ensinar, nomeadamente conhecimento de conteúdo sobre as matérias a ensinar e conhecimento pedagógico para tornar o conhecimento de conteúdo adequado à aprendizagem dos alunos.

### **2.1 O Ensino das Ciências pela Experimentação promovendo a Interdisciplinaridade**

Nos últimos anos têm sido cada vez mais as recomendações para implementar novas abordagens pedagógicas mais centradas nos estudantes e com aplicações à vida real, de modo a promover a aprendizagem significativa. Um aspeto cada vez mais presente nos programas curriculares é a importância da promoção da interdisciplinaridade com o objetivo de munir os estudantes com as competências do século XXI (Bakırcı & Karışan, 2017). Na verdade, no dia a dia, quando interpretamos a natureza ou resolvemos problemas da vida real, a maioria das vezes nem nos apercebemos se estamos a usar Matemática, História, Biologia, Física e Química, ou qualquer outra área curricular. Este é um dos motivos pelo qual a promoção da interdisciplinaridade tem vindo a ganhar protagonismo nos programas curriculares por todo o mundo, como uma forma de tornar os estudantes mais bem preparados para os desafios científicos e tecnológicos, cada vez mais exigentes da nossa sociedade (Abell & McDonald, 2006; Kim & Bolger, 2017; Rocard et al., 2007).

Nesta secção começa-se por referir a importância da educação em ciências, das tecnologias no âmbito da educação em ciências, da interdisciplinaridade, em primeiro lugar com a matemática e ciências, estendendo-se a outras áreas disciplinares até à integração das STEM ou STEAM. Por fim, propõe-se integrar as STEAMH (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage) procurando promover ainda mais a interdisciplinaridade passando, desta forma, a também incluir o Património (Costa & Domingos, 2018a).

### 2.1.1 A educação em ciências

A educação é o pilar da formação de uma sociedade, sendo as ciências e tecnologia consideradas potenciadoras do desenvolvimento económico e da literacia científica (Entradas, 2015; Hallstrom, Hulten, & Lovheim, 2014; Osborne, 2009; Perera, 2014). Neste sentido, Harlen e Qualter (2004) referem que:

É universalmente aceite que a aprendizagem das ciências é importante para a vida futura de todos os cidadãos e, por este motivo, é parte obrigatória da educação básica e secundária em praticamente todos os países. As ciências são uma grande área da mente humana e a atividade prática e o conhecimento que geram desempenham um papel fundamental nas nossas vidas e na vida das gerações futuras. (p. 3)

Mas as ciências são muito mais do que uma área curricular lecionada nas escolas. Já em 1938, no livro “A Evolução da Física”, Einstein e Infeld defendiam que as ciências são muito mais do que uma coleção de regras ou um catálogo de factos, as ciências contribuem para a evolução da mente humana em conjunto com todas as ideias e conceitos que resultam de uma interpretação individual da natureza. O reconhecido papel das ciências, na vida atual e futura dos cidadãos, tem levado a que vários intervenientes, desde a comunidade científica aos decisores políticos, tenham desenvolvido cada vez mais vários esforços, incluindo reformas educacionais, com o objetivo de envolver ainda mais a sociedade com as ciências (Entradas, 2015).

Na maioria das vezes, o interesse dos alunos pelas ciências é formado no ensino básico, observando-se um decréscimo e desmotivação por volta dos 14 anos de idade (Archer et al., 2010). Para colmatar este desinteresse, é prioritário familiarizar os estudantes, desde muito cedo, com conceitos básicos de ciências, para assegurar o seu interesse por estas matérias a médio e longo prazo e, por conseguinte, promover o seu sucesso em níveis posteriores de aprendizagem (Lyons, 2006; Rocard et al., 2007). Torna-se, assim, fundamental motivar os estudantes para a aprendizagem das ciências o mais cedo possível. Deste ponto de vista, Eshach e Fried (2005) apresentam razões para ensinar ciências nos primeiros anos de escolaridade que vão desde a curiosidade natural das crianças para refletir sobre a natureza ao despertar do seu interesse pelas ciências. Os mesmos autores defendem, ainda, que uma abordagem adequada das ciências, em aula, constitui uma forma eficiente para desenvolver o raciocínio científico, essencial para uma aprendizagem significativa dos estudantes. Neste sentido, a integração de atividades práticas, em sala de aula, nomeadamente através da realização de atividades práticas *hands-on*, conduzem a melhorias significativas no desempenho dos estudantes e produzem atitudes positivas

relativamente às ciências (Mody, 2015; Myers Spencer & Huss, 2013; Varelas, Pieper, Arsenault, Pappas, & Keblawe-Shamah, 2014; Varley et al., 2013). A denominação *hands-on* e *minds-on* surge num contexto onde os materiais são manipulados pelos estudantes enquanto observam e questionam os resultados das experiências orientados pelo professor (Abrahams et al., 2014). É nesta perspectiva que se inserem as atividades práticas *hands-on* referidas nesta investigação.

Driver (1983) refere que os jovens estudantes interpretam o mundo de acordo com as suas perceções individuais, o que faz com muitos deles tenham dificuldade em fazer a ligação entre a sua própria intuição e as ideias apresentadas nas aulas tradicionais de ciências. Por este motivo, esta autora defende a importância de colocar os estudantes no papel de investigadores, dando-lhes a oportunidade de realizarem experiências e de testarem as ideias por eles próprios. Neste sentido, os professores devem encorajar os seus alunos a investigar os fenómenos e a fazer as suas próprias inferências, o que também está em linha com a perspectiva *hands-on* e *minds-on* acima referida. Mas para implementar esta abordagem, os professores devem ser detentores de conhecimento especializado para ensinar sobre a temática em estudo. Neste sentido, Johnston (2005) refere a importância de realizar práticas científicas de qualidade, com crianças, desenvolvidas por adultos com uma preparação adequada e conhecimentos científicos bem consolidados. Em Portugal, Boaventura, Faria, Chagas e Galvão (2013) também salientam o papel e os conhecimentos científicos dos adultos que acompanham as atividades. Estes autores concluem que as atividades práticas, realizadas em ambiente laboratorial, promovem a aprendizagem significativa das crianças sobre ciências, desde que cuidadosamente conduzidas por adultos, não só com bons conhecimentos científicos sobre as matérias a ensinar, mas também conhecimentos pedagógicos para as ensinar.

Dada a importância de as atividades práticas serem conduzidas por adultos, com uma boa preparação científica e capacidade para motivar os estudantes para uma aprendizagem eficaz das ciências, são cada vez mais os projetos que envolvem parcerias com instituições do ensino superior, laboratórios, bibliotecas, entre outros, incluindo cientistas e investigadores a conduzirem e a orientarem as atividades científicas, com o objetivo de motivar e contribuir para uma ciência de qualidade. Alguns destes exemplos envolvem programas que são destinados quer para alunos quer para professores, sendo em alguns casos desenvolvidos em cenários da vida real (Mathers, Pakakis, & Christie, 2011; Post & van der Molen, 2014; Roberson, 2015; Roberts, 2014). O recurso a cenários da vida real permite uma ligação entre a sala de aula e o mundo real, sendo esta uma forma de apresentar as ciências, de modo a que estas sejam significativas para os estudantes e que se relacionem com as suas vidas fora da escola (Mathers, Goktogen, Rankin, & Anderson, 2012). De acordo com estes autores, estes cenários envolvem os estudantes em situações da vida real, onde têm que tomar decisões e refletir sobre os resultados e sobre o que aprenderam, o que faz com que os mesmos adquiram capacidade para desenvolver raciocínios de alto nível, para avaliar, sintetizar, analisar e aplicar.

Em Portugal, também é reconhecida a importância da educação em ciências e, em particular, da implementação de atividades práticas de ciências. Este reconhecimento tem levado

à introdução de vários programas nacionais como é o caso do Programa Ciência Viva impulsionado por Mariano Gago e que perdura até aos dias de hoje. Este programa teve início em 1996 (Despacho I n.º 6/MCT/96) e resultou da iniciativa da Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica do Ministério da Ciência e Tecnologia. No âmbito deste programa, foram criados Centros Ciência Viva por todo o País que podem ser visitados quer informalmente pelo público em geral quer em visitas de estudo organizadas pelas escolas.

Relativamente aos professores, em Portugal também foi criado um programa nacional de formação de professores intitulado Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC), o qual decorreu de 2006 a 2010 (Eurydice, 2012). No entanto, mesmo após a participação de alguns professores neste programa, Correia (2014) verificou que o trabalho laboratorial das professoras em estudo continuou a ser pouco frequente e de carácter fechado e que as professoras continuavam a rejeitar aplicar as novas estratégias de ensino em situações que envolviam temas que não tinham sido abordados na formação. Ainda relativamente a este mesmo programa, Gonçalves (2016) refere que a resistência à implementação do ensino das ciências nas escolas do 1.º CEB está relacionada com insegurança dos professores relativamente aos conceitos científicos sobre os tópicos relacionados com as ciências.

Em resumo, quer a nível nacional que a nível internacional é reconhecida a importância da educação em ciências para o desenvolvimento económico e científico das sociedades modernas. Neste sentido, é essencial motivar os estudantes, desde os primeiros anos de escolaridade, através da realização de atividades práticas *hands-on* que despertem o seu interesse pela aprendizagem das ciências. Para concretizar este objetivo, é fundamental que estas atividades sejam conduzidas e orientadas por pessoas com conhecimentos científicos robustos e que tenham a capacidade de desenvolver um trabalho pedagógico adequado, de forma a promover a aprendizagem significativa dos estudantes. Dada a relevância do papel dos professores junto dos alunos, torna-se prioritário que estes estejam cientificamente bem preparados de modo a que consigam implementar uma educação em ciências com eficácia. No entanto, a literatura identifica alguns problemas de implementação de atividades práticas de ciências, no ensino básico, relacionados com insegurança e com os conhecimentos dos professores. Este cenário implica que seja crucial promover o seu desenvolvimento profissional, de forma a que adquiram confiança e uma preparação adequada, de modo a desenvolverem uma educação em ciências eficaz com os respetivos alunos.

### 2.1.2 As tecnologias na educação em ciências e na educação matemática

As tecnologias estão relacionadas com o fornecimento de bens e serviços para satisfazer as necessidades do mundo real (Office of the Chief Scientist, 2016). Deste ponto de vista, as tecnologias podem incluir desde um lápis ou borracha, até às chamadas novas tecnologias ou tecnologias emergentes que normalmente estão relacionadas com computadores, *internet*, dispositivos móveis e diversos *softwares* como por exemplo aplicações móveis, entre outros (Gimbert & Cristol, 2004). As tecnologias não podem ser ignoradas na introdução de novas

metodologias de ensino nem, em particular, na educação em ciências. Quando bem utilizadas, estas prometem melhorar o desempenho dos alunos e a qualidade do ensino, sendo vários os benefícios obtidos com o seu uso, desde o aumento da capacidade de atenção, a promoção da socialização, o desenvolvimento da linguagem das crianças e a promoção da aprendizagem (Gimbert & Cristol, 2004).

A importância de desenvolver investigação sobre a tecnologia no ensino da matemática é reconhecida pela comunidade da educação em matemática. Este aspeto está patente desde o primeiro congresso europeu de investigação em educação matemática (CERME - Congress of European Research in Mathematics Education) que decorreu em 1999, o qual incluiu um grupo temático destinado às tecnologias entre os sete temas propostos (Trgalová, Clark-Wilson, Weigand, 2018). Os mesmos autores concluem a sua reflexão referindo que é necessário que os futuros congressos europeus de investigação matemática foquem as tecnologias emergentes.

Para além disso, são cada vez mais os apelos para desenvolver uma abordagem de ensino que promova a integração de vários tópicos curriculares. Neste sentido, os avanços recentes na área da tecnologia permitem a implementação de abordagens integrativas que envolvem a matemática (Stohlmann, 2018). No entanto, apesar das evidências do potencial desta abordagem, é necessário desenvolver investigação sobre a eficácia das várias estratégias e de desenvolver um currículo adicional nesta área (Stohlmann, 2018). De facto, a tecnologia tem potencial para integrar a matemática e de promover a motivação dos estudantes, assim como a aprendizagem significativa (Costley, 2014). Também Gresnigt, Taconis, van Keulen, Gravemeijer e Baartman (2014) fazem uma revisão relacionada com a integração das ciências e tecnologia no currículo no ensino básico. Estes autores defendem os benefícios desta integração nos primeiros anos de escolaridade e sustentam as vantagens da implementação de um currículo integrado com vista a estimular a ciência e tecnologia.

As evidências de que diversos tipos de tecnologia no currículo dos primeiros anos conduzem a diferenças significativas no desempenho dos alunos e na qualidade do ensino, fazem com que os responsáveis pela educação procurem formas de apoiar simultaneamente o desempenho tecnológico das crianças e dos professores. Assim, são cada vez mais as solicitações para os professores demonstrarem uma boa compreensão do conhecimento tecnológico e capacidade para o relacionarem com os conteúdos curriculares (Gimbert, & Cristol, 2004). Neste sentido, torna-se fundamental desenvolver uma rede colaborativa entre universidades e professores que promova o seu desenvolvimento profissional:

O ensino e aprendizagem colaborativos, entre a universidade e professores, é um veículo para o desenvolvimento profissional, que resulta em alterações reais e significativas, na forma como os últimos usam a tecnologia, nas suas práticas de sala de aula. (Gimbert, & Cristol, 2004; p. 214)

A educação tecnológica e o desenvolvimento profissional dos professores são áreas em constante desenvolvimento e renovação. Koehler e Mishra (2009) fazem uma introdução ao conhecimento pedagógico dos professores para integrarem tecnologia, o qual consideram uma

interação complexa entre várias formas de conhecimento para ensinar: conteúdo, pedagógico e tecnológico.

Em resumo, dados os avanços na área da tecnologia e a sua pertinência para inovar o ensino, nomeadamente as potencialidades para promover a interdisciplinaridade, é incontornável incluí-la nesta investigação. De facto, a Tecnologia integra a sigla das STEM ou STEAM, o que tem a ver com o reconhecimento da sua importância por parte da comunidade internacional.

### 2.1.3 A Interdisciplinaridade com a matemática na educação em ciências

A interdisciplinaridade, em particular, a integração da matemática e ciências no currículo do ensino básico tem sido amplamente defendida por vários autores (e.g., Treacy & O'Donoghue, 2014). De acordo com Walshe, Johnston e McClelland (2017), a compreensão e competência na área da matemática, bem como as práticas matemáticas, são essenciais para a educação em ciências, assim como para as práticas científicas. Além disso, a educação em ciências deve ser usada para promover a interdisciplinaridade porque promove a aprendizagem de outras áreas curriculares (e.g., Abell & McDonald, 2006) e a integração de várias áreas do currículo é benéfica para os estudantes pois prepara-os melhor para os desafios da vida real (e.g., Beane, 1995; Czerniak, 2007).

O artigo de Treacy e O'Donoghue (2014) descreve a origem, criação e evolução de um modelo de ensino, para integrar matemática e ciências em aula. Os mesmos autores também descrevem os métodos usados para implementar este modelo que tem como objetivo promover a aprendizagem das duas áreas curriculares de forma integrada. Neste sentido, as aulas devem ser contextualizadas realizando-se trabalho de grupo *hands-on*, recorrendo a técnicas investigativas e com aplicação a cenários da vida real. Treacy e O'Donoghue (2014) deram o nome de “*Authentic Integration*” [Integração Autêntica] a este modelo que apresenta uma estrutura triangular (Figura 2.1), a qual ilustra algumas das suas características relevantes. Destas características, o “desenvolvimento do conhecimento”, “síntese e aplicação” e “*focused inquiry* [investigação focada] resultando numa aprendizagem de alto nível” são consideradas fundacionais e, por conseguinte, constituem a base do modelo. Outras características são as “aplicações a cenários da vida real” e por fim as “tarefas ricas” que resultam das anteriores e refletem a integração das mesmas. De acordo com Treacy e O'Donoghue (2014), estas são as principais características do modelo que devem ser apreendidas pelos professores e incorporadas nas suas aulas.

O modelo de Integração Autêntica foi implementado em 4 escolas da Irlanda com alunos dos 13 aos 14 anos (correspondente ao 3.º ciclo do ensino básico em Portugal). Os autores concluíram que a adoção deste método afetou positivamente a compreensão dos alunos e, além disso, os professores envolvidos revelaram atitudes positivas relativamente a esta abordagem, afirmando que irão continuar a implementá-la. Um dos aspetos positivos referidos é que a abordagem usada deu mais significado aos tópicos ensinados, uma vez que os estudantes



conseguiram fazer a ligação com a vida real identificando como os tópicos podiam ser usados em contextos reais.

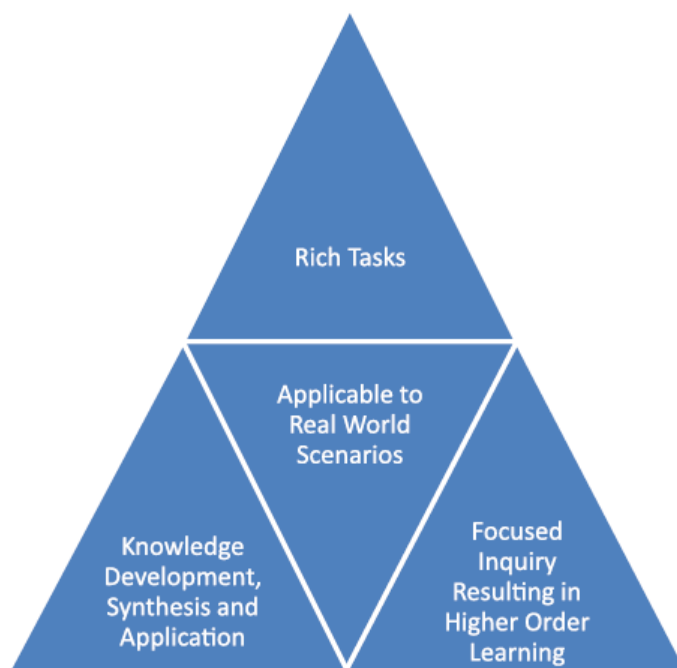


Figura 2.1: Características do modelo de Integração Autêntica (Treacy & O'Donoghue, 2014, p. 710).

Treacy e O'Donoghue (2014) referem, ainda, a existência de pouca investigação sobre a integração da matemática e ciências, em aula, bem como a falta de um modelo de ensino que seja adotado por todos. Por este motivo, os autores acham que irão dar uma contribuição significativa para a investigação ao criarem e testarem um modelo nesta área. A questão central por eles colocada é: “Como podem a matemática e ciências ser efetivamente integradas na sala de aula?” (p. 704). Esta também é uma questão interessante para aprofundar, no âmbito do estudo aqui desenvolvido.

Em Portugal, a promoção da interdisciplinaridade entre a matemática e as ciências também é defendida nos programas curriculares. No nosso País, o 1.º Ciclo do Ensino Básico (1.º CEB) consiste em quatro anos de escolaridade, tendo os alunos idades compreendidas entre os 6 anos (1.º ano) e os 10 anos (4.º ano). No 1.º CEB, existem várias áreas curriculares lecionadas pelo mesmo professor: Matemática, Português, Estudo do Meio e Expressões Artísticas e Físico-Motoras (DR, 2014, Decreto-Lei n.º 176/2014, de 12 de dezembro). As atividades práticas de ciências integram a área curricular de Estudo do Meio. A interdisciplinaridade está patente nos princípios orientadores da organização curricular e programas do Ensino Básico (ME, 2007; ME, 2013). Por exemplo, 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.” (ME, 2007, p. 101). As indicações metodológicas são que “A curiosidade infantil pelos fenómenos naturais deve ser estimulada e os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas para elas através de experiências e pesquisas simples” (ME, 2007, p. 115). Recomenda-se, ainda, que os alunos devam

usar instrumentos de observação e medida, sendo importante que os mesmos façam registos daquilo que observam. No que diz respeito à Matemática (ME, 2013), a análise do mundo natural é uma das três finalidades assinaladas nas orientações metodológicas:

A Matemática é indispensável a uma compreensão adequada de grande parte dos fenómenos do mundo que nos rodeia, isto é, a uma modelação dos sistemas naturais que permita prever o seu comportamento e evolução. Em particular, o domínio de certos instrumentos matemáticos revela-se essencial ao estudo de fenómenos que constituem objeto de atenção em outras disciplinas do currículo do Ensino Básico (Física, Química, Ciências Naturais, Geografia...) (p. 2).

No ano escolar 2017/2018, foi autorizada, em regime de experiência pedagógica, a implementação do projeto de autonomia e flexibilidade curricular dos ensinos básico e secundário (DR, 2017, Despacho n.º 5908/2017, de 5 de julho), o qual vai ao encontro da importância da interdisciplinaridade, ao ponto de se recomendar alterar a ordem de implementação dos conteúdos do currículo, quando necessário. Começou por decorrer como uma experiência piloto, à qual aderiram alguns agrupamentos de escolas do nosso país no ano letivo 2017/2018. A partir do ano letivo 2018/2019 a iniciativa foi estendida a todos os outros agrupamentos de escolas.

As recomendações anteriores provocam uma necessidade de mudança, uma vez que conduzem à importância de inovar as práticas dos professores, no sentido de corresponder às indicações metodológicas dos programas. Ora, este aspeto faz levantar várias questões tais como: Como ensinar matemática de forma interdisciplinar? Que conhecimentos para ensinar são necessários para concretizar este objetivo? Que tarefas de matemática podem ser implementadas de forma interdisciplinar?

#### 2.1.4 A educação em STEM

São cada vez mais os apelos para a promoção da interdisciplinaridade, nomeadamente para a integração das STEM, com o objectivo de motivar os estudantes para estas áreas e de os preparar melhor para os desafios cada vez mais exigentes das sociedades modernas (Baker & Galanti, 2017; Kim & Bolger, 2017). De facto, não há como ignorar a introdução das STEM quer em projetos de investigação quer em intervenções pedagógicas. Neste sentido, vários estudos e relatórios internacionais referem a importância das disciplinas relacionadas com as STEM como cruciais para inovar e contribuir para o futuro das nações (e.g., Breiner, Harkness, Johnson e Koehler, 2012; European Schoolnet, 2018). Por exemplo, o relatório australiano Office of the Chief Scientist (2016) defende que a economia necessita de competências em STEM para poder competir, quer em setores emergentes relacionados com as novas tecnologias, quer nos setores existentes que serão transformados pelas tecnologias. Deste ponto de vista, são necessários especialistas com conhecimentos e capacidades relacionadas com as STEM. Nesta linha, Bybee (2010) sustenta que o propósito de implementar uma educação em STEM com qualidade é o de aumentar o número de engenheiros, cientistas, matemáticos e especialistas em tecnologia.

O recente relatório da Comissão Europeia “*Education Policies in Europe*” (European Schoolnet, 2018) refere que o acrónimo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) surgiu em 1990 através da United States National Science Foundation. O mesmo relatório fala de ambiguidade relativamente ao seu significado, em particular na área da educação, referindo que as definições de STEM variam desde as simples referências aos 4 tópicos, a abordagens relacionadas com dois ou mais tópicos, até uma abordagem integrada da educação em STEM. No último congresso europeu de investigação em educação matemática (CERME 11), no recente grupo temático na área das STEM, a questão da definição de STEM e, em particular, o que significa a integração das STEM também foi um assunto muito debatido neste grupo de discussão.

Na verdade, não há consenso relativamente a uma definição sobre o significado de STEM. Neste sentido, Baker e Galanti (2017) referem que a comunidade académica tem-se esforçado para definir o significado da integração das STEM. Por exemplo, vários autores referem-se às STEM apenas integrando duas áreas curriculares, como por exemplo no caso da integração das Ciências e Matemática (Ríordáin, Johnston, & Walshe, 2016; Treacy & O’Donoghue, 2014). No entanto, relativamente a cada um dos tópicos que integram as STEM, o relatório australiano (Office of the Chief Scientist, 2016, p.2) apresenta as seguintes definições:

**Ciências** engloba disciplinas relacionadas com as ciências naturais e físicas, e algumas disciplinas desde agricultura a estudos ambientais (...): astronomia, as ciências da terra, física, química, ciências dos materiais, biologia. As ciências são caracterizadas pela observação sistemática, experimentação crítica, e o testar com rigor das hipóteses.

**Tecnologia** fornece bens e serviços para satisfazer as necessidades do mundo real; operando/intervindo na fronteira/cruzamento da ciência e sociedade. As tecnologias da informação e comunicação desempenham um papel cada vez mais importante na sociedade e fornecem competências potenciadoras para outras disciplinas.

**Engenharia** assenta em conhecimento científico, matemático e tecnológico, bem como métodos para projetar e implementar produtos e serviços destinados às necessidades humanas, com segurança e fiabilidade. A Engenharia tem em consideração fatores económicos, ambientais e estéticos.

**Matemática** procura entender o mundo realizando raciocínio simbólico e cálculos relacionados com estruturas abstratas e padrões na natureza. Descobre relações entre essas estruturas e identifica certas características do mundo através de processos de modelação, raciocínio formal e cálculo.

O mesmo relatório defende a educação em STEM referindo que esta não se limita a disseminar conhecimento de conteúdo nestas áreas, mas também procura fornecer contextos nos quais possam ser abordados novos problemas. Uma das vantagens, relacionada com a educação em STEM, tem a ver com o facto de os graduados em STEM apresentarem maiores capacidades de investigação, assim como de criatividade e objetividade para resolver problemas, entre outras competências (Office of the Chief Scientist, 2016). Também neste sentido, Breiner et al. (2012) desenvolveram um estudo nos Estados Unidos relacionado com as STEM e com o seu significado.

Estes autores referem que as STEM incluem, em geral, estratégias de ensino que envolvem investigação e projetos a desenvolver.

Na Europa, o relatório “*Education Policies in Europe*” também identifica uma falta de entendimento quanto ao significado de STEM, mencionando que na maioria dos relatórios nacionais e internacionais o ensino das STEM é referido em simultâneo com ensino das ciências. No entanto, o mesmo relatório destaca-se dos anteriores assumindo que o acrónimo STEM refere-se a “todos os tópicos incluídos nos quatro domínios de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática independentemente da abordagem usada em aula” (European Schoolnet, 2018, p. 6). Relativamente a este assunto, Stohlmann (2018) também relata diferentes interpretações de vários autores.

Rennie, Venville e Wallace (2012) defendem que os conteúdos relacionados com os tópicos das STEM são os necessários para enfrentar o mundo em constante e rápida mudança. Acrescentam, ainda, que no mundo real os problemas não podem ser resolvidos por especialistas de uma única disciplina. Pelo contrário, é necessário envolver equipas interdisciplinares para encontrar soluções. Neste sentido, os mesmos autores defendem a integração das STEM como uma forma de desenvolver as capacidades dos estudantes ao permitir que o currículo esteja ligado ao mundo fora da aula, tornando-o significativo e contribuindo, assim, para a cidadania dos estudantes.

Becker e Park (2011) referem que as abordagens que envolvem a integração dos tópicos relacionados com STEM têm efeitos positivos no desempenho dos estudantes, com melhores resultados ao nível do ensino básico. Especificamente, os mesmos autores acrescentam que a integração da Matemática com Ciências, Tecnologia e Engenharia (STE) conduz a um contexto no qual os estudantes podem fazer ligações significativas entre a Matemática e os tópicos relacionados com STE. De facto, vários autores defendem que a matemática devia ter mais protagonismo na integração das STEM (Stohlmann, 2018). Neste sentido, a educação em STEM pode ser uma forma de inovar o ensino da Matemática (Fitzallen, 2015), bem como para melhorar o desempenho nesta disciplina (Stohlmann, 2018). O já referido relatório europeu também defende a importância da matemática nas STEM e cita o Ministro da Educação francês que escreveu que gostaria de “fazer as ciências mais matemáticas” (European Schoolnet, 2018, p. 7). Em particular, as atividades de robótica promovem o interesse pelas STEM, sendo consideradas fundamentais para combater a falta de interesse por estas áreas nas escolas (Khanlari, 2013) e, ainda, para motivar os alunos para estudarem ciências e matemática (Suescun-Florez, Iskander, Kapila, & Cain, 2013).

Breiner et al. (2012) apresentam um resumo sobre a evolução das STEM desde que surgiu o acrónimo aos últimos anos, referindo que a conceção moderna mais importante das STEM está relacionada com a integração dos tópicos que constam do acrónimo. Deste ponto de vista, dão o exemplo dos profissionais que naturalmente usam as STEM sem as compartimentarem em disciplinas como é habitual nas escolas. No entanto, apesar desta integração ocorrer na vida real, a maioria dos professores não ensina os conteúdos desta forma (Breiner et al., 2012).

Na verdade, apesar das recomendações e dos benefícios identificados na literatura, relacionados com a integração das STEM, existe falta de investigação nesta área e há a necessidade de mais investigação empírica sobre este assunto (Becker & Park, 2011). Além disso, é necessário desenvolver investigação para entender como a integração das STEM pode promover a educação matemática (Baker & Galanti, 2017). Em particular, existe falta de investigação relativamente à integração das ciências e matemática (Treacy & O'Donoghue, 2014), principalmente no que diz respeito a professores em serviço (Ríordáin et al., 2016).

Em resumo, são inúmeras as referências que defendem a implementação de uma educação em STEM, ao nível dos primeiros anos de escolaridade, de forma a motivar os estudantes para estas áreas disciplinares essenciais para o desenvolvimento económico e científico das sociedades atuais. No entanto, há falta de investigação na integração das STEM, principalmente ao nível de estudos empíricos com professores em serviço. Faz assim todo o sentido apresentar um estudo empírico com professores em serviço como o que se propõe neste trabalho. Em particular, também é pertinente investigar como promover o ensino da matemática no âmbito da integração das STEM.

### 2.1.5 A Integração das STEAMH

As ciências são consideradas potenciadoras do desenvolvimento económico e da literacia científica, ao ponto de serem unidades curriculares obrigatórias do ensino básico na maioria dos países (Harlen & Qualter, 2004). A matemática também faz parte do mundo real e a sua importância é reconhecida sendo obrigatória no ensino básico e secundário por todo o mundo. Por serem áreas curriculares cruciais, a matemática e as ciências são alvo de avaliações internacionais como é o caso do PISA (Programme for International Student Assessment) e TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study). PISA avalia as competências em alunos com 15 anos de idade (saída do ensino básico em Portugal). TIMSS avalia a literacia em Matemática e Ciências de alunos do 4.º e 8.º anos de escolaridade do ensino básico (cerca de 9 a 10 anos e 13 a 14 anos de idade, respetivamente) e 12.º ano do ensino secundário (cerca de 17 a 18 anos de idade).

Sendo inquestionável a importância da matemática e das ciências, a integração de várias áreas curriculares tem vindo a ser cada vez mais recomendada, uma vez que na vida real não é habitual separar as tarefas diárias em tópicos distintos, o que faz com que também se recomende que estes não devam ser separadas nas escolas (Czerniak, 2007). Neste sentido, as siglas STEM e STEAM têm vindo a surgir cada vez mais na literatura sendo recomendada a integração destas áreas nas escolas (Baker & Galanti, 2017; Office of the Chief Scientist, 2016). Deste ponto de vista, Long, Robert e Davis (2017) defendem a integração das STEAM e argumentam que os benefícios desta integração estão relacionados com o desenvolvimento científico e económico dos vários países.

O Património desempenha, desde sempre, um papel essencial no mundo real. Por exemplo, são sobejamente conhecidos vários monumentos integrados no Património mundial da UNESCO

(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) tais como Taj Mahal (Índia), Pisa (Itália), Pergamo (Turquia), Chichen Itza (México), Ellora Caves (Índia), Torre de Belém (Portugal), Janela Manuelina (Convento de Cristo em Tomar), apenas para nomear alguns. O programa de Estudo do Meio inclui o estudo do património local, nacional e internacional. Por este motivo, Costa e Domingos (2018a) propõem estender STEAM a STEAMH acrescentando H de Heritage (Património) à sigla anterior. Neste artigo, os mesmos autores apresentam uma forma de implementar as STEAMH, no ensino básico, através de um projeto colaborativo interdisciplinar que envolve especialistas nas áreas relacionadas com as STEAMH.

As recomendações para a integração das STEAM têm impacto no currículo das escolas de cada vez mais países (e.g., Kim & Bolger, 2017), o que conduz à necessidade de inovar as práticas dos professores. Contudo, muitos estudos referem e identificam dificuldades relacionadas com a integração das STEAM em aula, principalmente ao nível do ensino básico (e.g., English, 2017; Kim & Bolger, 2017). Costa e Domingos (2018a) também referem dificuldades relacionadas com a integração das STEAMH, as quais resultam da necessidade de os professores adquirirem conhecimento de conteúdo especializado relacionado com os tópicos a integrar.

Para ultrapassar as dificuldades, acima referidas, a literatura apresenta várias recomendações. As principais propostas estão relacionadas com o desenvolvimento profissional dos professores. Neste sentido, é necessário criar um programa de formação adequado que os muna de conhecimentos e de capacidade para desenvolverem atividades interdisciplinares em aula.

## 2.2 Estratégias de ensino

Vários estudos defendem a introdução de estratégias de ensino mais centradas nos estudantes e promotoras da aprendizagem significativa (Krogh & Morehouse, 2014; Rocard et al., 2007). No entanto, para selecionar quais as estratégias mais adequadas, há que ter em conta o público final a quem se destinam as referidas estratégias. Uma vez que o principal foco deste estudo é o desenvolvimento profissional de professores do 1.º CEB então o seu público são as crianças com idades compreendidas entre os 6 e 10 anos de idade. Por este motivo, nesta secção, começa-se por destacar a aprendizagem das crianças e, de seguida, apresenta-se as abordagens de ensino mais recomendadas na literatura.

### 2.2.1 A aprendizagem das crianças

Os professores são o principal foco deste estudo, mas as crianças são o público final a quem se destina esta intervenção pedagógica. Deste ponto de vista, é essencial não as esquecer, sendo fundamental saber como ensiná-las e entender como o conhecimento é apreendido pelas mesmas, de forma a tornar a sua aprendizagem mais eficaz.

Segundo Jonhson (2005) foi a investigação de Piaget que despertou os educadores para a importância de entender as ideias das crianças, sendo as primeiras investigações de seguidores da sua teoria. Este autor acrescenta que as crianças devem ser encorajadas a interagir com o meio envolvente e a explorar fenómenos científicos do seu mundo, devendo ser o ambiente envolvente “acomodado” à criança e não o contrário.

Na “Aprendizagem por descoberta guiada”, Jerome Bruner (1977, 1990) destaca um modelo em que o aluno vai descobrindo, passo a passo, factos, fenómenos e relações, sob a orientação e questionamento do professor. As questões podem ser colocadas verbalmente ou estar organizadas num guião que os alunos seguem, enquanto realizam uma dada atividade, que pode ser uma experiência ou a visualização de uma animação, entre outras.

Harlen e Qualter (2004) recomendam usar as ideias das crianças para o ensino das ciências no ensino básico. O uso destas ideias deve ser acompanhado de questionamento, dar tempo para responder, promover o diálogo entre aluno e professor e, também, o diálogo de criança para criança, acompanhados de experiências que promovam o desenvolvimento de ideias científicas: “Os professores não só devem dar os materiais mas também devem dar tempo para estes serem manipulados (...) as crianças precisam de ver, sentir e experimentar por elas próprias”(p.10). Uma das formas sugeridas para entender as ideias das crianças é pedir-lhes para fazerem desenhos sobre o tema a desenvolver:

A partir dos exemplos das ideias das crianças descobre-se o resultado do seu raciocínio e, por conseguinte, o que faz sentido para elas. Assim, estas ideias têm que ser levadas muito a sério, devendo ser dirigidas de forma a torná-las mais científicas. (Harlen & Qualter, 2004, p. 22)

Em Portugal, Carvalho, Silva, Lima, Coquet e Clement (2004) também sugerem que se use os desenhos das crianças como base de trabalho, pedindo-lhes para os analisarem e discutirem, de modo a melhorarem as suas conceções. Por fim, concluem que os resultados do seu estudo podem ser úteis, no sentido em que permitem que os professores entendam melhor as ideias dos seus alunos, usando desta forma as conceções das crianças para o seu ensino.

### *Aprendizagem significativa*

Com base nas teorias de Ausubel e Novak, Valadares (2011) refere que:

Um indivíduo aprende significativamente quando consegue relacionar de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a nova informação com uma estrutura de conhecimento específica que faz parte integrante da sua estrutura cognitiva prévia. Esta é singular, idiossincrática e complexa, e nela constam as afirmações e os conceitos que o indivíduo previamente aprendeu, mas onde também está plasmada toda a componente afetiva do indivíduo e o resultado de todas as suas ações e vivências. (...) Mas mais, ainda que o material seja potencialmente significativo para o aluno, este tem de estar psicologicamente motivado para levar a cabo o processo de assimilação significativa (...) (p. 36-37)

Tendo sido Ausubel a desenvolver a aprendizagem significativa é Joseph Novak (1977, 1981) que acrescenta uma perspectiva humanista, defendendo que um evento educativo é acompanhado de uma experiência afetiva, havendo uma integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação, a qual promove o crescimento humano.

Ausubel (2012) defende que a principal função da pedagogia é saber apresentar a informação e as ideias de forma significativa, de forma a que estas sejam assimiladas de maneira organizada, de modo a perdurarem no tempo. Esta é essencialmente uma tarefa criativa que ao ser feita correctamente, diz respeito a um professor especialista e é uma tarefa complexa que nunca deve ser desprezada.

Para Ausubel (2012) é preciso ter em conta o conteúdo e a estrutura cognitiva do aluno, para promover a aprendizagem significativa. Neste sentido, é necessário relacionar os conteúdos mais importantes da matéria a ensinar com os aspetos mais relevantes da estrutura cognitiva do aluno. É fundamental fazer uma análise conceptual do conteúdo de modo a não sobrecarregar o aluno com informações desnecessárias, que poderão dificultar a sua organização cognitiva. Na verdade, nem tudo o que aparece nos materiais educativos do currículo é relevante. Da mesma maneira, nem sempre a ordem em que os conteúdos surgem é a mais adequada. Cabe ao professor adequar o ensino de modo a facilitar a interação com o conhecimento prévio do aluno, de forma a facilitar a aprendizagem do mesmo.

Valadares (2011) defende ainda que a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é uma teoria construtivista e caracteriza o construtivismo tendo como base o princípio de que “o conhecimento não é recebido passivamente nem pelos sentidos nem por meio de comunicação; o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito que o possui.” (p. 40)

Em síntese, Valadares (2011) refere que a aprendizagem é considerada em última instância um processo “pessoal e idiossincrático”, ainda que muito influenciado por fatores sociais e pelo ensino na sala de aula que, segundo o mesmo, é um processo eminentemente social. Neste processo, cabe ao professor a capacidade de facilitar a aprendizagem dos seus alunos, o que tem a ver com o conhecimento pedagógico.

## 2.2.2 Estratégias de ensino na implementação de atividades práticas

### *hands-on*

São cada vez mais os estudos que defendem a introdução de estratégias de ensino que tornem a aprendizagem mais significativa (Krogh & Morehouse, 2014; Rocard et al., 2007). Neste sentido, o *inquiry* é uma estratégia reconhecida internacionalmente como eficaz para potenciar a aprendizagem dos estudantes, ao ponto de fazer parte do currículo de vários países (Murphy, Smith, Varley, & Razi, 2015; Jocz, Zhai, & Tan, 2014). De facto, muitos autores defendem que esta estratégia de ensino é promotora de uma maior eficácia na aprendizagem das ciências (Chu, Tse, & Chow, 2011; Kim, 2013; Oliveira, 2010). Por exemplo, Gillies e Nichols (2015) defendem o ensino das ciências recorrendo a esta estratégia, referindo que esta é uma forma em que “os



alunos não só aprendem sobre ciência, mas também aprendem a fazer ciência” (p.1), o que promove a aprendizagem dos mesmos.

Murphy, Varley e Veale (2012), apresentam um estudo de larga escala, na República da Irlanda, que confirma atitudes positivas das crianças perante o método a que chamam de *inquiry-learning*. Esta forma de questionamento, na qual o professor conduz o aluno com vista à aprendizagem significativa (Ausubel, 2012; Valadares, 2011), promove e estimula as capacidades das crianças (Omar, 2009). Com base na análise de vários estudos, Minner, Levy e Century (2010) concluem que as estratégias de ensino que envolvem os alunos no processo de aprendizagem, através de tarefas de investigação, são mais eficazes do que as tradicionais que assentam em métodos mais passivos de ensino. Outros estudos testam e defendem a eficácia de usar abordagens *hands-on* no ensino das ciências recorrendo ao *inquiry*, a partir dos quais concluem sobre a importância de implementar estas abordagens de forma continuada (Chu, Chow, Tse, & Kuhlthau, 2008; Plummer & Ozcelik, 2015; Song & Kong, 2014; Vo, Forbes, Zangori, & Schwarz, 2015).

Segundo o relatório “*Promoting inquiry-based learning in mathematics and science education across Europe*” (PRIMAS), o método de *Inquiry-based Learning* refere-se a “uma forma de ensino e aprendizagem da matemática e das ciências, na qual os estudantes devem comportar-se da mesma forma que os matemáticos e cientistas efetivamente trabalham” (PRIMAS, 2011, p. 7). Segundo o mesmo relatório, este método não é completamente novo, uma vez que as abordagens construtivistas já mostraram que a aprendizagem dos estudantes é mais significativa, se estes tiverem oportunidade de explorar situações, de se envolverem ativamente em aula e de monitorizar a sua própria aprendizagem, em vez de apenas assumirem uma postura passiva, centrada no professor tal como ocorre na abordagem dedutiva (Rocard et al., 2007).

O relatório intitulado “*Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*” defende uma abordagem de ensino que apele à curiosidade natural das crianças (abordagem indutiva), desenvolvendo a sua criatividade e sentido crítico, na idade em que elas têm ânsia de descobrir o mundo à sua volta e compreender como este funciona (Rocard et al., 2007). Esta abordagem é chamada de “*Inquiry-based Science Education*”, no referido relatório, e a sigla IBSE aparece frequentemente na literatura. Outro relatório europeu (Osborne & Dillon, 2008) salienta a necessidade de introduzir novas estratégias de ensino, nomeadamente recorrer ao IBSE, para aumentar o interesse dos estudantes pelas ciências. Segundo os mesmos autores, esta estratégia é centrada nos estudantes, o que permite construir o seu conhecimento de forma mais significativa. Na mesma linha, Minner et al. (2010) também referem que “*Inquiry-based science instruction*” tem várias características, sendo uma das principais a aprendizagem centrada no estudante, na qual este procura o conhecimento em vez de o receber de forma passiva. Segundo estes autores, nesta abordagem os estudantes desempenham um papel mais ativo e o professor assume o papel de facilitador no sentido em que é responsável pela condução deste método de ensino. O termo *inquiry* tem sido protagonista na educação em ciências e refere-se a “pelo menos três categorias distintas – o que fazem os cientistas (...), como os alunos aprendem (...) e a abordagem pedagógica usada pelos professores” (Minner et al., 2010, p. 476).

Quanto à aplicação desta abordagem na educação matemática, Rocard et al. (2007) referem a aprendizagem focada nos problemas (*Problem-based Learning*). Deste ponto de vista, o problema é colocado de forma a que os estudantes precisem de obter novos conhecimentos para o conseguirem resolver. Na literatura internacional, a sigla, relacionada com a Matemática, IBME (*Inquiry-based Mathematics Education*), tem vindo a aparecer com mais frequência, principalmente nos últimos anos (Artigue & Blomhøj, 2013). De acordo com estes autores, esta pedagogia “pode ser definida como uma forma de ensinar na qual os estudantes são convidados a trabalhar de forma semelhante à qual os matemáticos e cientistas trabalham” (p. 797).

Apesar de serem inúmeros os estudos e relatórios, a nível internacional, que defendem o *inquiry* como uma estratégia de ensino eficaz, não há um consenso relativamente à sua definição. Mas, neste estudo, tem-se como base os relatórios Rocard et al. (2007) e PRIMAS (2011), onde é referido que nesta abordagem, o aluno é conduzido através de questões colocadas pelo professor, questões que levam o aluno a investigar, refletir, experimentar e, assim sucessivamente, com o objetivo de finalmente tirar conclusões. Estas questões ou conclusões que são conduzidas pelo professor devem, posteriormente, ser partilhadas e discutidas com a turma. Dos vários aspetos, recomendados como essenciais pelo National Research Council (NRC, 2000), relativamente a esta abordagem em aula, destaca-se os seguintes: os estudantes são envolvidos em tarefas através de questões cientificamente orientadas pelo professor; a partir das evidências desenvolvem e avaliam possíveis respostas às questões e levantam novas questões no sentido de finalmente tirarem conclusões comunicando os resultados aos pares. Tal como já referido na secção 1.2, nesta investigação, a estratégia de ensino usada é chamada de questionamento investigativo (Costa & Domingos, 2018e; Costa, Domingos, & Teodoro, 2018b). Para além de ter como base as características acabadas de descrever, esta surge num contexto que envolve atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM. Neste contexto, os estudantes manipulam os materiais e discutem as observações e resultados com os colegas orientados e conduzidos pelo professor. Nesta investigação, as estratégias de ensino relacionadas com o *inquiry*, e com as características acima assinaladas, passam a ser denominadas de questionamento investigativo independentemente da nomenclatura originalmente usada pelos autores.

Em Portugal, também são cada vez mais as recomendações para um ensino interdisciplinar e centrado nos estudantes, onde se promove a resolução de problemas da vida real, estando patentes no programa para o ensino básico e, também, no projeto de autonomia e flexibilidade curricular dos ensinos básico e secundário (Diário da República, 2017). O questionamento investigativo está ligado a uma temática mais ampla relacionada com a comunicação entre os professores e alunos. Por exemplo, no EIEM 2018, esta abordagem foi integrada no eixo temático “*A comunicação na aula de matemática*”. Neste eixo, foi sublinhado que o papel do professor é essencial para que os alunos aprendam de forma eficaz e significativa (Rodrigues et al., 2018). Neste sentido, foi defendido que a introdução de “estratégias ativas de aprendizagem, que mantenham os alunos intelectualmente, fisicamente e socialmente envolvidos, tem um impacto positivo no seu empenho” (p. 4). Os mesmos autores referem que cabe ao professor criar um ambiente que envolva os alunos não só na resolução das tarefas propostas, mas também na gestão

das interações que facilitem a comunicação em aula, de modo a que sejam formuladas questões que proporcionem discussões coletivas.

No nosso País, as atividades práticas de ciências, ao nível do 1.º CEB, têm sido ministradas na área curricular de Estudo do Meio. O questionamento investigativo está patente nos objetivos gerais do programa desta área curricular, onde se destaca que o aluno deve:

Utilizar alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões e problemas, avançar possíveis respostas, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente pesquisa e experimentação (ME, 2007, p. 103)

Ainda no nosso País, Varela e Costa (2015) realizaram uma intervenção pedagógica que visava promover a educação em ciências, em escolas portuguesas, com base no questionamento investigativo (por eles chamado de *inquiry-based science education*). Neste estudo, os autores concluem que as crianças aprenderam significativamente. Deste ponto de vista, destacam que com esta abordagem que recorre a um questionamento conduzido pelo professor, as crianças atingem níveis ainda mais elevados de compreensão e de capacidade de raciocínio.

Mais uma vez, quando se refere uma intervenção pedagógica, as referências aos professores são incontornáveis. Em particular, quando esta intervenção envolve o recurso a estratégias de ensino, não foge à regra. Desta forma, quer na introdução de tarefas práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, quer na estratégia do questionamento investigativo faz todo o sentido destacar o seu papel na implementação destas abordagens.

### *O papel dos professores*

A nível internacional são muitos os esforços de vários países para usar o *inquiry*, desde a Austrália, Estados Unidos, Europa e Ásia (Jocz et al, 2014; National Curriculum Board, 2009; National Research Council of America, 2000, 2005; Rocard et al., 2007). Neste sentido, é essencial incentivar os professores a usarem esta estratégia de ensino nas suas práticas letivas, a fim de desenvolverem a compreensão dos conceitos e dos procedimentos científicos (Minner et al., 2010; PRIMAS, 2011). Krogh e Morehouse (2014) referem que a aprendizagem deve ser feita através de um constante questionamento, acompanhado do estímulo e intervenção dos adultos. Estas autoras defendem, ainda, que o modelo de aprendizagem a que chamam de *inquiry-based, integrated learning* deve ser estendido às escolas pois conduz a um desenvolvimento mais eficaz na aprendizagem dos alunos. Neste sentido, as mesmas autoras salientam o papel dos professores neste processo:

Se os professores conseguirem abrir as mentes das crianças para estas adquirirem o conhecimento através do *inquiry* (...) de modo a permitir que as mesmas apliquem o seu entendimento de forma significativa, produtiva, e de forma relevante, (...) então os professores estarão a oferecer aos estudantes um presente de valor inestimável. (...) o desembrulhar deste presente demora tempo. Também exige esforço e dedicação por parte do professor para ajudar (...) (p. 354).

A citação anterior refere um aspeto incontornável quando se fala na aprendizagem dos alunos: o papel dos professores. Neste sentido, o relatório Rocard et al. (2007) conclui que os professores “são a pedra basilar de qualquer processo de renovação da educação científica” (p. 11) e que “ser parte de uma rede permite-lhes melhorar a qualidade do seu ensino e motiva-os” (p. 3). O já referido relatório PRIMAS também defende a implementação do questionamento investigativo na matemática e nas ciências através do desenvolvimento profissional dos professores. Segundo este relatório, “os professores são provavelmente os atores principais na promoção da inovação na forma como a matemática e as ciências são concebidas e ensinadas em toda a Europa” (p. 4). Também Artigue e Blomhøj (2013) referem que o papel do professor é crucial e que lhe compete conduzir esta abordagem com recurso a tarefas e lições cuidadosamente desenhadas.

No entanto, apesar das recomendações anteriores para a introdução de estratégias de ensino, têm sido diagnosticadas dificuldades na sua implementação em aula, principalmente ao nível do 1.º CEB (Colombo, Lourenço, Sasseron, & Carvalho, 2016; Rocard et al., 2007; Varela & Costa, 2015). Por exemplo, Löfgren et al. (2013) referem que as dificuldades de implementação de pedagogias como o *inquiry* relacionam-se com a concretização de explicações científicas ao nível do ensino básico: “Estas capacidades não são automaticamente atingidas com recurso a materiais que usem o *inquiry* – precisam de ser treinadas” (p. 482). Neste sentido, Murphy et al. (2015) recomendam a implementação de um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) de professores, que lhes dê oportunidade de desenvolver o seu conhecimento concetual e pedagógico em abordagens que assentem nesta estratégia de ensino. Também nesta linha, Artigue e Blomhøj (2013) defendem ser essencial um desenvolvimento profissional que apoie os professores enquanto estes experimentam e desenvolvem a sua própria prática de *inquiry* no ensino da matemática.

Em todas as dimensões apresentadas nesta subsecção, e nas anteriores, foi inevitável a referência ao papel dos professores e à importância de promover o seu desenvolvimento profissional. É por este motivo que o desenvolvimento profissional dos professores é o principal foco desta investigação.

### **2.3 Necessidade de mudar o paradigma: Problemas diagnosticados**

Quer a nível internacional quer a nível nacional, são inúmeras as referências que reconhecem a importância de implementar uma educação em ciências que seja eficaz, em promover a interdisciplinaridade, nomeadamente a integração das STEM ou STEAM, e em usar as estratégias de ensino adequadas para uma aprendizagem mais significativa. No entanto, a literatura identifica várias dificuldades relacionadas com a implementação destas abordagens em aula. Estas dificuldades são preocupantes, uma vez que poderão comprometer os benefícios

resultantes de uma implementação eficaz das estratégias propostas, nomeadamente o desenvolvimento tecnológico e científico, assim como o bem-estar ambiental e social dos vários países (e.g., Sharma & Yarlagadda, 2018).

Também nesta linha, o relatório europeu, Rocard et al. (2007), identifica um declínio alarmante no interesse dos estudantes pelas ciências e matemática. Segundo o mesmo relatório, este cenário é inquietante porque poderá comprometer a capacidade de inovação da Europa no futuro, uma vez que irá afetar a necessidade crescente de profissionais com capacidades e conhecimentos relacionados com estas áreas. Outro relatório europeu mais recente (European Schoolnet, 2018) continua a identificar falta de interesse pelas áreas das STEM ao nível académico e, consequentemente, a nível profissional. Esta constatação, neste último relatório, mostra que este continua a ser um problema atual na Europa.

Mas este não é apenas um problema europeu. Por todo o mundo são muitas as referências que identificam esta problemática. Por exemplo, nos Estados Unidos da América, Breiner et al. (2012) referem a necessidade de integrar as STEM para corresponder à necessidade crescente de profissionais nestas áreas. Na Austrália, o relatório Office of the Chief Scientist (2016) também refere que são precisas competências relacionadas com as STEM para tornar um País mais competitivo e economicamente bem sucedido. Na Coreia, Kim e Bolger (2017) defendem a necessidade de criar um currículo que integre as STEAM para corresponder aos desafios cada vez mais exigentes das sociedades atuais.

De facto, face à cada vez mais reconhecida importância da interdisciplinaridade, nomeadamente da educação em STEM ou STEAM, têm sido várias as reformas e projetos por todo o mundo com o objetivo de a implementar. No entanto, apesar destes esforços ocorrerem há muitos anos, continuam a ser muitos os problemas diagnosticados. Por exemplo, nos Estados Unidos da América, várias décadas após os anos 90, muitos professores continuam sem saber como operacionalizar a educação em STEM (Kelley & Knowles, 2016). Ainda neste País, Breiner et al. (2012) referem que apesar da integração das STEM ocorrer na vida real, nas escolas há uma compartimentação em disciplinas e a maioria dos professores não promove esta integração. O mesmo estudo sugere que as tentativas falhadas para promover a integração das STEM, nos Estados Unidos, poderão estar relacionadas com falta de coordenação e de um foco em comum. Na Nova Zelândia, um estudo aplicado a professores do ensino básico mostra que menos de um terço dos professores estava efetivamente a implementar o currículo de ciências (Anderson, 2015).

Em Portugal, vários autores referem que os professores se limitam a fazer um ensino expositivo, centrado nos manuais, sem apelar à experimentação e à curiosidade natural das crianças, nos primeiros anos de escolaridade (e.g., Afonso et al., 2005; Carvalho et al., 2004; Gonçalves, 2016; Varela & Martins, 2013). Neste sentido, Afonso et al. (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)

Uma explicação para as dificuldades relacionadas com a implementação da educação em ciências, no 1.º CEB, parece estar relacionada com insuficiência de conhecimentos científicos por parte dos professores (e.g., Atwood, Christopher, Combs, & Roland, 2010; Brown, 2014). De facto, são inúmeras as referências que reconhecem esta problemática ligada aos professores (e.g., Löfgren et al., 2013; Osborne & Dillon, 2008; Rocard et al., 2007). Por exemplo, Gillies e Nichols (2015) investigaram as perceções de professores do ensino básico e identificaram várias inseguranças nos mesmos, como por exemplo o facto de estes acreditarem que não têm conhecimentos de conteúdo ou pedagógico para implementar as abordagens propostas.

No que diz respeito à interdisciplinaridade, a literatura também identifica várias dificuldades relacionadas com a sua implementação. Por exemplo, Baxter, Ruzicka, Beghetto e Livelybrooks (2014) referem que relacionar matemática e ciências não é um objetivo fácil de concretizar dada a falta de conhecimento de conteúdo, relacionado com estas matérias, de professores generalistas, como é o caso dos professores do ensino básico. No caso das STEM, o relatório americano da *National Academy of Engineering and National Research Council* (NAE & NRC, 2014) reconhece vários problemas relacionados com a integração das matérias relacionadas com este acrónimo. O mesmo relatório refere que ainda há muito trabalho a desenvolver nesta área para melhorar esta integração nas práticas letivas dos professores, o que implica a necessidade de desenvolver mais investigação na educação em STEM deste ponto de vista.

Alargando a interdisciplinaridade, de forma a introduzir a letra A de Artes nas STEM, a educação em STEAM traz desafios adicionais aos professores e criadores de currículo (English, 2017). Estes desafios estão relacionados com a necessidade de assegurar que as várias disciplinas estejam convenientemente cobertas e efetivamente integradas de forma significativa (Kim & Bolger, 2017; Ríordáin et al., 2016). Um desafio ainda maior está relacionado com a integração das STEAMH (acrescentando H de Heritage que significa Património em português), por envolver vários tipos de conhecimentos especializados relacionados com as matérias a ensinar (Costa & Domingos, 2018a, 2018e).

Face ao cenário anterior, que refere a importância de introduzir novas abordagens e, ao mesmo tempo, dificuldades na sua implementação é preciso continuar a desenvolver investigação nesta área, nomeadamente sobre medidas e estratégias que contribuam para motivar os estudantes para as áreas científicas consideradas potenciadoras do desenvolvimento económico, científico e tecnológico das nações (NAE & NRC, 2014; Office of the Chief Scientist, 2016; Rocard et al., 2007). Neste sentido, vários estudos têm demonstrado que a implementação de atividades práticas *hands-on* relacionadas com ciências, ao nível dos primeiros anos de escolaridade, tem um impacto positivo nos estudantes, despertando o seu interesse por estas áreas (e.g., Myers Spencer, Huss, 2013; Osborne, 2009). Além disso, a promoção da interdisciplinaridade, nomeadamente a

integração das STEAM em aula (English, 2017; Fitzallen, 2015), também é considerada uma forma de corresponder aos desafios científicos e tecnológicos atuais (Kim & Bolger, 2017; Baker & Galanti, 2017).

Mas não basta realizar atividades práticas *hands-on* em aula. As estratégias de ensino também são cruciais para a eficácia da implementação das mesmas. Por exemplo, na Singapura, Jocz, Zhai e Tan (2014) defendem que é imperativo investigar formas de aumentar o interesse pelas ciências nas escolas, uma vez que não é suficiente desenvolver atividades *hands-on* com os estudantes. Neste sentido, os mesmos autores concluem que a aprendizagem com *inquiry* (questionamento investigativo) promove o interesse dos alunos pelas ciências. No entanto, apesar de já fazer parte do currículo de vários países (Murphy et al., 2015; Jocz, Zhai, & Tan, 2014), esta abordagem ainda não é uma realidade, em aula, na maioria dos países europeus (Rocard et al., 2007; PRIMAS, 2011).

Por exemplo, em Portugal, Varela e Costa (2015) referem que as crianças raramente têm oportunidade de realizar atividades práticas com recurso ao questionamento investigativo, na maioria das escolas do 1.º CEB. Ainda em Portugal, Carvalho et al. (2004) realizaram um estudo com alunos do 1.º CEB, no qual concluem que as principais mudanças conceituais estão fortemente ligadas ao processo de ensino. O estudo procurou identificar obstáculos à aprendizagem dos alunos e, entre vários aspetos, destaca o facto de alguns professores portugueses se limitarem a reproduzir o que aparece nos manuais escolares, onde muitas vezes as imagens induzem em erro. No mesmo estudo, os autores concluem que é fundamental desenvolver os conhecimentos dos professores sobre a matéria a ensinar e o seu conhecimento de conteúdo pedagógico, com vista a melhorar a aprendizagem das crianças sobre ciências.

Tal como as dificuldades relacionadas com a implementação do ensino das ciências, das STEM, ou STEAM, parecem estar relacionadas com os conhecimentos dos professores para ensinar, no caso da introdução de estratégias de ensino também parece haver o mesmo padrão. Por exemplo, segundo Chowdhary, Liu, Yerrick, Smith e Grant (2014), o ensino das ciências recorrendo ao questionamento investigativo é complexo e habitualmente os professores têm um fraco entendimento sobre esta estratégia de ensino, o que faz com que tenham dificuldade em a implementar nas suas aulas. Para colmatar estas dificuldades, os mesmos autores recomendam que o desenvolvimento profissional dos professores deve contribuir para o aumento do seu conhecimento quer ao nível dos conteúdos de ciências quer ao nível da pedagogia.

Também neste sentido, Löfgren et al. (2013) apresentam um estudo conduzido no 3.º ano de escolaridade na Suíça, que identifica dificuldades na implementação desta estratégia de ensino aplicada às ciências. Uma das principais conclusões destes autores é que o questionamento investigativo e as explicações científicas não são fáceis de concretizar, ao nível do ensino básico. Segundo eles, para ultrapassar estas dificuldades, os professores precisam de formação uma vez que o recurso aos materiais de ensino não é suficiente. Em linha com este raciocínio, Carvalho et al. (2004) concluem que é importante formar os professores, desenvolvendo os seus conhecimentos para ensinar, com vista a melhorar a aprendizagem das crianças.

No Brasil, também são apresentados estudos relacionados com a abordagem do questionamento investigativo (e.g., Colombo, Lourenço, Sasseron, & Carvalho, 2016), onde igualmente se identificam desafios de implementação desta estratégia de ensino, a qual é chamada de “ensino de ciências por investigação” (e.g., Santana & Franzolin, 2018). Estes últimos autores defendem a importância de desenvolver estudos sobre “as necessidades de aperfeiçoamento da abordagem do ensino de ciências por investigação e para a sua valorização diante dos docentes” (p. 231).

De facto, o discurso em aula com os estudantes é complexo e pouco familiar para os professores, havendo por isso necessidade de os apoiar, de modo a que o consigam implementar com eficácia (Gomez Zaccarelli, Schindler, Borko, & Osborne, 2018). Torna-se, assim, necessário continuar a desenvolver investigação relacionada com esta problemática de forma a encontrar estratégias que conduzam à inovação das práticas dos professores, de modo a corresponder às solicitações da literatura para promover uma aprendizagem mais significativa. Neste sentido, é fundamental passar de um ensino tradicional, maioritariamente dedutivo (Rocard et al., 2007), para um ensino construtivista, como é o caso das abordagens com recurso a estratégias de ensino mais adequadas à aprendizagem dos alunos (PRIMAS, 2011).

Dado que são muitos os desafios relacionados com o desenvolvimento profissional de professores no que diz respeito ao recurso ao questionamento investigativo na educação em ciências, “é imperativo e crucial que os professores aumentem o seu entendimento e prática em métodos interdisciplinares do questionamento investigativo que integrem os tópicos das STEM” (Chowdhary et al., 2014, p.841). Desta forma, pretende-se que seja “atingido o objetivo de obter cidadãos mais bem formados e preparados” para um entendimento de natureza global, que lhes confira a capacidade de resolver problemas científicos interdisciplinares (Chowdhary et al., 2014, p.841). Torna-se, assim, necessário promover o desenvolvimento profissional de professores para que estes inovem as suas práticas, desenvolvendo um ensino centrado nos alunos, mais experimental e interdisciplinar.

## **2.4 Desenvolvimento Profissional dos Professores**

Para fazer face ao cenário, exposto na secção anterior, é prioritário realizar uma intervenção junto dos professores, no sentido de ultrapassar algumas das dificuldades diagnosticadas na literatura. De facto, há um consenso geral relativamente ao papel dos professores, sendo estes a chave de qualquer modelo para melhorar o ensino em qualquer área curricular e em qualquer processo de intervenção pedagógica (Rocard et al., 2007; PRIMAS, 2011). Na verdade, se os professores não forem envolvidos, nenhuma reforma educacional irá ocorrer (Abell & Lederman, 2007). Em particular, Dass e Yager (2009) afirmam que qualquer reforma, relacionada com o ensino e aprendizagem das ciências, só será possível através do desenvolvimento profissional de professores em serviço.



De acordo com o exposto acima, é essencial realizar uma intervenção junto dos professores, nomeadamente junto dos professores no ativo. Para realizar esta intervenção é fundamental entender como motivar os professores para implementar novas abordagens e quais as estratégias que tornam um determinado Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) eficaz.

#### 2.4.1 As atitudes e as perceções dos professores

As atitudes e perceções dos professores perante as matérias a ensinar e as estratégias de ensino recomendadas são determinantes e condicionam a eficácia das suas práticas em aula. Por exemplo, Morrison (2014) refere que para os professores alterarem a forma como ensinam as ciências é importante alterar a sua maneira de pensar e o seu entendimento sobre as ciências, assim como sobre a forma como é gerado o conhecimento científico. Além disso, Murphy et al. (2015) referem que para implementar um currículo no ensino básico com a sua máxima eficácia, é fundamental que os professores tenham confiança e competência na aplicação das abordagens propostas.

Na verdade, para os estudantes adquirirem motivação pela aprendizagem das ciências, a atitude do professor é determinante (van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015). Apesar de a atitude do professor ser muitas vezes encarada como pessoal e difícil de ser alterada é possível melhorá-la através do seu desenvolvimento profissional (van Aalderen-Smeets, Walma van der Molen, van Hest, & Poortman, 2017). Torna-se, assim, prioritário promover o desenvolvimento profissional dos professores do ensino básico, de forma a que estes adquiram atitudes positivas para ensinar ciências (van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015).

De facto, os professores são um elemento chave, a partir do qual depende muito do sucesso de qualquer esforço para implementar reformas educacionais, não só na área das ciências, mas também na área da educação matemática (Ponte, 1994). Para uma maior eficácia, junto dos professores, as estratégias de ensino também devem ser tidas em conta, para além das matérias a ensinar. Neste sentido, Alake-Tuenter et al. (2012) defendem a importância de organizar programas de desenvolvimento de competências na área do ensino das ciências com base no método do questionamento investigativo. Neste sentido, vários estudos reforçam a importância de introduzir as estratégias de ensino em programas de desenvolvimento profissional de professores. Por exemplo, Gillies e Nichols (2015) investigaram as perceções de professores do ensino básico, no ensino das ciências recorrendo ao questionamento investigativo. Neste trabalho, concluem que os professores reconheceram que estas abordagens captaram a atenção dos estudantes ao colocá-los a pensar “fora da caixa”. Além disso, promoveram a criatividade dos alunos, levando-os a discutir tópicos da vida real e tornando, assim, a sua aprendizagem mais significativa.

Outro estudo, que reforça a importância das estratégias de ensino, foi realizado por Tseng, Tuan e Chin (2013) que entrevistaram professores com muita experiência no ensino das ciências com recurso ao questionamento investigativo. Os professores que participaram neste estudo reconheceram que a sua motivação e persistência para implementar esta abordagem, nas suas

aulas, tem a ver com as suas experiências positivas com a mesma, no decorrer da sua própria aprendizagem. Lotter, Hartwood e Bonner (2007) acrescentam, ainda, que a forma como os professores encaram as ciências pode afetar a maneira como estes implementam as estratégias de ensino recomendadas para ensinar ciências.

As conclusões anteriores estão relacionadas com a importância das atitudes positivas dos professores e com o facto de ser possível melhorá-las através de um PDP adequado, uma vez que as atitudes positivas são essenciais para a eficácia das práticas dos professores em aula (e.g., Alake-Tuenter et al., 2012; van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015). Face a este cenário, é fundamental que os professores tenham contato em “primeira mão” com estas abordagens, de forma a motivá-los e, assim, reconhecerem que as mesmas são ferramentas poderosas, para construir uma aprendizagem significativa de conceitos de ciências nos estudantes.

Para além da importância de motivar os professores, desenvolvendo as suas atitudes positivas, para a eficácia de um programa de desenvolvimento profissional é necessário que os professores consigam implementar, na prática, a experiência adquirida (Buczynski & Hansen, 2010). Estes autores apresentam um estudo que não só está relacionado com as matérias a ensinar, mas também com técnicas pedagógicas que recorrem ao questionamento investigativo. Este estudo teve como base um programa intensivo de desenvolvimento profissional em matemática e ciências de professores do 4.º ao 6.º ano, do ensino básico. Os autores concluem que os professores ganharam entendimento de conteúdo, um maior compromisso com as tarefas relacionadas com esta abordagem e, ainda, que os respetivos alunos mostraram tendência a melhorar os seus desempenhos. Com base nesta experiência, Buczynski e Hansen (2010) verificam a existência de uma relação entre a experiência desenvolvida pelos professores (no âmbito do referido programa) e a passagem dessa mesma experiência para as suas aulas.

Todas as reflexões, expostas pelos vários autores, conduzem inevitavelmente ao desenvolvimento profissional dos professores e, por conseguinte, à necessidade de criar programas de desenvolvimento profissional que sejam adequados, de forma a motivar os professores para inovarem as suas práticas letivas implementando as abordagens recomendadas pela literatura.

#### 2.4.2 Programas de Desenvolvimento Profissional dos Professores

Para promover o desenvolvimento profissional dos professores é essencial criar programas de formação que sejam adequados às suas necessidades, de forma a que estes adquiram novos conhecimentos e que tenha impacto nas suas práticas letivas (Darling-Hammond & Richardson, 2009; Desimone, 2009). Neste sentido, é essencial aumentar a confiança dos professores para inovarem as suas práticas, de forma a adquirirem conhecimento de conteúdo sobre as matérias a ensinar e conhecimento pedagógico que lhes confira capacidade para implementarem as novas abordagens em aula (Baxter et al., 2014). A literatura apresenta vários estudos relacionados com esta temática, nomeadamente sobre as estratégias que tornam um determinado PDP eficaz (Borko, Jacobs, & Koellner, 2010; Darling-Hammond, Hylar, Gardner, & Espinoza, 2017; Desimone,

2009). Por exemplo, Darling-Hammond et al. (2017) definem “desenvolvimento profissional eficaz como uma aprendizagem profissional estruturada que resulta em alterações nos conhecimentos e práticas dos professores, e melhoramentos na aprendizagem dos estudantes” (p. 2). Também neste sentido, para Buczynski e Hansen (2010), um PDP só será eficaz se os professores conseguirem implementar, em aula, o que aprenderam no decorrer da sua formação.

No entanto, tal como já referido anteriormente, é preciso continuar a desenvolver investigação nesta área. Por exemplo, Abell e Lederman (2007) discutem programas de desenvolvimento profissional em ciências que envolvem a formação dos professores, práticas em sala de aula e a aprendizagem dos alunos. Uma das conclusões é que o desenvolvimento profissional de professores é muito complexo, o que justifica a necessidade de desenvolver investigação nesta área, nomeadamente através de estudos empíricos. Face a esta complexidade, os autores recomendam que se investigue não apenas os professores envolvidos na formação, mas, também, os próprios programas de formação. Darling-Hammond et al. (2017) também reconhecem que há falta de estudos empíricos sobre a eficácia de PDP. Em particular, existe falta de investigação relativamente à integração da matemática e ciências no que diz respeito a professores em serviço (Ríordáin et al., 2016). Em Portugal, Martins (2006) também refere ser prioritário reforçar o investimento, na investigação científica, na área da educação em ciências, nos primeiros anos de escolaridade, e na formação inicial e continuada de professores.

Apesar da necessidade de haver investigação sobre o desenvolvimento profissional de professores, vários autores apresentam alguns resultados relacionados com esta dimensão. Por exemplo, Desimone (2009) propõe um modelo que inclui: Foco no conteúdo da matéria a ensinar; Aprendizagem ativa; Coerência; Duração; Participação coletiva. Também relativamente à eficácia de um programa de desenvolvimento profissional e com base na literatura ao longo das últimas três décadas, Darling-Hammond et al. (2017, p. 4) identificam sete características promotoras da eficácia de um determinado PDP: Foco no conteúdo da matéria a ensinar, Aprendizagem ativa; Colaboração; Recurso a modelos de práticas efetivas; Tutoria e apoio especializado; Feedback e reflexão; Duração sustentada. De seguida, faz-se um pequeno resumo destas características:

Foco no conteúdo da matéria a ensinar: Foca-se em estratégias de ensino que estão associadas com um determinado currículo que apoia a aprendizagem de professores no contexto das suas aulas.

Aprendizagem ativa: Os professores elaboram e praticam estratégias de ensino sendo-lhes proporcionada a oportunidade de experimentarem o mesmo estilo de aprendizagem que estão a desenvolver para seus alunos.

Colaboração: Permite que os professores partilhem ideias e colaborem no âmbito da sua formação, o que altera positivamente a cultura e instrução ao nível da sua turma, escola ou mesmo distrito.

Utiliza modelos de práticas efetivas: O recurso a planos de aula, vídeos ou de trabalhos de colegas dá aos professores uma melhor visão do que são boas práticas.

Tutoria e apoio especializado: Envolve a partilha de conhecimentos sobre conteúdos e práticas com base em evidências e direcionadas para as necessidades individuais dos professores.

Feedback e reflexão: Um PDP de alta qualidade disponibiliza tempo para os professores refletirem, receberem sugestões e fazerem alterações nas suas práticas.

Duração sustentada: Disponibiliza aos professores tempo suficiente para aprender, praticar, implementar e refletir sobre novas estratégias que facilitam mudanças na sua prática.

Quanto à duração sustentada, Desimone e Garet (2015, p. 253) recomendam PDP que “ocorram durante o ano letivo e que incluam 20 ou mais horas de contato”. Estes autores referem ainda a “Participação coletiva” que consiste em “grupos de professores do mesmo nível de ensino, matéria a ensinar ou escola, que participam juntos em atividades de desenvolvimento profissional para construir uma comunidade interativa de aprendizagem” (p. 253). No entanto, os mesmos autores também referem que poderá ser um desafio conciliar a participação coletiva com a importância de corresponder à individualidade de cada um dos participantes. Neste sentido, recomendam juntar grupos de professores com os mesmos interesses e necessidades.

De acordo com Darling-Hammond et al. (2017), um bom PDP incorpora a maioria das sete características acima assinaladas. Mas são muitos os autores que desenvolvem estudos relacionados com o desenvolvimento profissional de professores. Por exemplo, 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) refere urgência em agir para combater o insucesso no desempenho matemático nos Estados Unidos. Refere ainda que, na maioria dos casos, as principais intervenções junto dos professores têm sido feitas no que diz respeito ao currículo da matemática e relativamente ao que os alunos devem aprender. Para Ball (2003) estas intervenções só são eficientes se forem centradas na forma como os professores ensinam em vez de maioritariamente centradas no currículo. Segundo Ball (2003), normalmente o que se faz é exigir que os professores estudem mais matemática. Mas, para esta autora, o aumento da frequência de cursos de matemática não aumenta necessariamente a qualidade do seu ensino, uma vez que o objetivo principal não é conseguir que os professores saibam mais matemática, mas sim melhorar a aprendizagem dos estudantes. Para isso, é essencial dar oportunidade aos professores de obterem a capacidade de ensinar efetivamente a matemática, em vez de apenas obterem o conhecimento matemático. Também nesta linha, Even e Ball (2008) referem que não vale a pena melhorar as oportunidades de as crianças aprenderem matemática, sem ao mesmo tempo se dar oportunidades de aprendizagem aos respectivos professores. A formação profissional dos professores é, portanto, crucial para construir com eficácia, um sistema de educação matemática eficiente.

Das várias competências que Ball (2003) considera serem importantes para os professores desenvolverem, no decorrer do seu trabalho, destaca-se as seguintes:

- 1) Interpretar, fazer juízos matemáticos e pedagógicos relativamente às questões dos estudantes, obter soluções, resolver problemas, e desenvolver perceções (desde as mais previsíveis até às inesperadas);
- 2) Ser capaz de responder com eficácia às questões e curiosidades dos alunos;
- 3) Fazer juízos sobre a qualidade matemática ou instrucional dos materiais e modificá-los se necessário;
- 4) Ser capaz de colocar boas questões e problemas matemáticos que sejam significativos para a aprendizagem dos alunos;
- 5) Avaliar/aferir a aprendizagem dos alunos e agir em função do resultado obtido.

Entre várias discussões, Ball (2003) coloca a seguinte questão prática: “Que conhecimento matemático é necessário para ensinar matemática?” Numa tentativa de responder a esta questão refere que é um tipo de conhecimento matemático diferente do que é exigido para outras profissões como por exemplo em engenharia. Uma resposta mais geral é que requer um conhecimento com detalhe dos tópicos e ideias que são fundamentais para o currículo da escola. Além disso, requer perceber como os tópicos estão relacionados entre si e como certas ideias antecipam outras. O ensino da matemática envolve muito mais do que tópicos e procedimentos, envolve o uso de ferramentas e competências para desenvolver o raciocínio, representações e soluções, bem como saber o que constitui o trabalho em curso.

Toda a discussão e questões, colocadas por Debora Ball, relativamente ao ensino e aprendizagem relacionados com a matemática, continuam a fazer sentido para qualquer outro tópico ou área curricular, como é o caso das ciências. Por exemplo, no que diz respeito à interdisciplinaridade, na Coreia, Kim e Bolger (2017) defendem a necessidade de criar um currículo que integre as STEAM e de envolver os professores em lições interdisciplinares. De acordo com estes autores, as várias reformas educacionais na Coreia e o estudo do seu impacto demonstram o potencial de envolver os professores no desenvolvimento desta abordagem. Neste sentido, Kermani e Aldemir (2015) recomendam a integração das STEM nos primeiros anos de escolaridade, através do desenvolvimento profissional dos professores.

Ball (2003) conclui referindo ser essencial desenvolver investigação na área do ensino da matemática, nomeadamente para dar resposta às seguintes questões:

- Como apoiar os professores de forma a aprenderem a matemática de modo a que consigam ensinar matemática?
- Qual é a influência do conhecimento dos professores na sua eficácia?
- Como podem os materiais do currículo apoiar a aprendizagem da matemática dos professores e, reciprocamente, o que os professores precisam de aprender de modo a que usem os materiais do currículo com habilidade e eficácia?

Por falar em materiais do currículo, Pepin, Gueudet e Trouche (2013) defendem que os recursos são cruciais para os professores e estes moldam-nos de acordo com as suas preferências

individuais, sendo este um processo de interpretação e de desenho dos recursos. De acordo com Canavarro e Santos (2016), as novas tecnologias, tais como as tecnologias digitais, proporcionaram “recursos mais dinâmicos e interativos do que os tradicionais manuais escolares impressos a papel” (p. 3). No entanto, as autoras reconhecem que apesar desta possibilidade, na realidade, a sua implementação pelos professores ainda é escassa. De facto:

a relação dos professores com os novos, variados e numerosos recursos que têm atualmente à sua disposição, muitos deles beneficiando das tecnologias digitais (...) vêm colocar acrescidos desafios ao professor na sua integração junto dos alunos (...) na planificação do ensino, seleção e adaptação de tarefas e formas de gerir a aula” (Canavarro & Santos, 2016, p.3).

Para Gimeno Sacristán (2000), as tarefas são atividades de ensino e de aprendizagem conduzidas em meio escolar e estão inseridas no currículo em ação. Além disso, a forma como as tarefas são introduzidas e conduzidas pelo professor, em aula, é essencial para a eficácia do ensino (Ponte, 2005). Neste sentido, Canavarro e Santos (2016) referem que:

É reconhecido, desde há muito, que o ensino da Matemática é protagonizado pelo/a professor/a, que desenvolve um conjunto de ações que enformam as suas práticas letivas e definem as oportunidades de aprendizagem dos seus alunos. No seu trabalho de preparação e condução letiva, faz uso dos recursos diversos que tem disponíveis e que considera pertinentes para os seus alunos. No entanto, a introdução de um novo recurso na sala de aula nem sempre é fácil ou pacífica, podendo fazer surgir tensões e des-sintonias ou incongruências com a matemática ensinada e aprendida na sala de aula (p. 3)

A citação anterior reforça o papel do professor. Não obstante as potencialidades dos recursos, cabe ao professor tirar partido dos mesmos de forma a “proporcionar uma experiência matemática rica aos alunos” (p. 3). Desta forma, é fundamental proporcionar oportunidades de aprendizagem aos mesmos. Neste sentido, Abrahams, Reiss e Sharpe (2014) defendem um programa de desenvolvimento profissional que foi desenhado para promover o trabalho prático em sala de aula através de tarefas práticas *hands-on* e *minds-on*. Este programa tem por objetivo alterar as práticas letivas dos professores de modo a que estes realizem atividades práticas de ciências que envolvem reflexão sobre as mesmas. No entanto, para este programa ser eficaz, os autores argumentam que é necessário continuar a apoiar os professores, promovendo a reflexão sobre as suas práticas nas suas aulas, durante um período alargado de tempo. Nos Estados Unidos, Dass e Yager (2009) defendem a importância de tornar as ciências relevantes para a vida dos estudantes. Deste ponto de vista descrevem um modelo que consideram de sucesso, no qual os professores aprendem a criar ambientes reais que envolvem os estudantes e desenvolvem estratégias centradas no questionamento investigativo.

Em resumo, os professores desempenham um papel fundamental no ensino, o que torna prioritário promover o seu desenvolvimento profissional. Torna-se, assim, necessário identificar estratégias que promovam a eficácia de um PDP, no sentido em que conduzem à inovação das

práticas dos professores. De seguida, destacam-se algumas das principais estratégias que guiam este estudo.

### 2.4.3 A importância de apoiar os professores no âmbito do seu desenvolvimento profissional

Tal como já referido, a literatura apresenta vários trabalhos relacionados com as estratégias que tornam um PDP eficaz (e.g., Darling-Hammond et al., 2017). Entre elas, o apoio aos professores é transversal a muitos destes estudos que referem a importância de desenvolver um PDP colaborativo para fomentar a inovação das práticas dos professores (Borko et al., 2010; Capps & Crawford, 2013; Desimone, 2009; Zehetmeier, Andreitz, Erlacher & Rauch, 2015). Por exemplo, Abd-El-Khalick (2013) defende ser necessário desenvolver os conhecimentos das matérias a ensinar e que isso deve ser feito através de uma rede de apoio junto dos professores, nomeadamente no contexto da sua realidade escolar.

Relativamente às ciências, Murphy et al. (2012) defendem ser fundamental implementar um programa de desenvolvimento profissional de professores que lhes dê oportunidade de desenvolver o seu conhecimento concetual e pedagógico em ciências. Neste sentido, Afonso et al. (2005) colocam a seguinte questão: “como preparar melhor os professores primários para ensinar Ciências?”. Estas autoras, referem 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)

Para melhorar a aprendizagem da matemática de cada criança, Ball (2003) conclui que é crucial dar oportunidades de aprendizagem aos professores, uma vez que não se pode esperar que os mesmos saibam ou façam o que não tiveram oportunidade de aprender. Neste sentido, é fundamental o desenvolvimento cuidadoso de cursos, *workshops* e materiais bem desenhados e administrados. Torna-se obrigatório estudar soluções alternativas e comparar os seus efeitos, à escala, tendo por objetivo a qualidade efetiva do ensino.

Em Portugal, na área das ciências, Afonso et al. (2005) recomendam que, para preparar melhor os professores para ensinar, sejam dadas oportunidades aos mesmos de trabalhar e experimentar as várias tarefas que se espera que venham a desenvolver, em sala de aula, num ambiente de reflexão sobre as tarefas realizadas e onde se sintam apoiados. Relativamente a este apoio, Ríordáin et al. (2016) defendem a importância de apoiar os professores ao nível escolar e numa comunidade de profissionais especializados sobre os temas em estudo. Neste sentido, é crucial dar oportunidades de aprendizagem aos professores tais como cursos bem desenhados e com materiais adequados (Ball, 2003). Afonso et al. (2005) argumentam que é essencial promover um ambiente colaborativo e reflexivo, onde os professores se sintam apoiados, de modo a inovarem as suas práticas. Deste ponto de vista, torna-se fundamental “estimular a cooperação

entre os participantes, e entre os participantes e o formador” (Kuzle & Biehler, 2015, pp. 2849). Relativamente à educação em STEM, é necessário promover o desenvolvimento profissional dos professores através de mentoria e apoio para fazer face aos desafios relacionados com a sua implementação e sustentabilidade (Baker & Galanti, 2017).

No que diz respeito ao questionamento investigativo, para fazer face à complexidade do discurso em aula com os estudantes, Gomez et al. (2018) defendem que é fundamental apoiar os professores, de forma a que estes o consigam implementar com eficácia em aula. Neste sentido, Crawford (2000) sustenta que para os professores aplicarem o questionamento investigativo com os respetivos estudantes, de forma adequada, é necessário providenciar aos mesmos mentoria através de um contexto colaborativo. Dentro deste contexto colaborativo, vários autores defendem a importância de criar uma rede de apoio aos professores, com o objetivo de promover o seu desenvolvimento profissional (e.g., Rocard et al., 2007).

Segundo Young (2007), cabe às escolas e, por conseguinte, aos professores, o papel de fazer com que os estudantes adquiram o conhecimento que um País considera importante para eles (conhecimento poderoso), o que faz com que integre o currículo desse País. De acordo com este autor, para concretizar este objetivo é preciso desenvolver um trabalho colaborativo entre grupos de professores e de investigadores, quer a nível nacional quer a nível internacional. De facto, para melhorar o ensino e aprendizagem, é crucial desenvolver uma parceria entre investigadores e formadores que promova a integração de tarefas, em aula, com abordagens pedagógicas adequadas (Geiger, Goos, Dole, Forgasz, & Bennison, 2014). Deste ponto de vista, é fundamental criar uma rede que motive e apoie os professores (Hewson, 2007; Rocard et al., 2007) e que contribua para a sustentabilidade do seu desenvolvimento profissional, de forma a que os professores continuem a implementar estas abordagens no futuro (Zehetmeier & Krainer, 2011).

Neste sentido, Gimbert e Cristol (2004) também referem a importância de criar uma rede colaborativa que inclua universidades e professores, de forma a apoiar os professores no decorrer do seu desenvolvimento profissional. No âmbito da rede colaborativa, os líderes das escolas, como é o caso dos diretores de agrupamentos de escolas em Portugal, também têm um papel importante a desempenhar. Neste sentido, a investigação tem demonstrado que a liderança nas escolas é essencial para contribuir para a eficácia do desenvolvimento profissional dos professores. De facto, é muito mais provável que os professores venham a usar as ideias e estratégias de um PDP quando estas estão alinhadas com as prioridades das respetivas lideranças (Desimone & Garet, 2015). Os mesmos autores fazem algumas recomendações. Por exemplo, os líderes das escolas devem dar tempo aos professores para estes participarem em PDP e poderem praticar o que aprenderam nos mesmos. Além disso, também poderão incluir o PDP na avaliação dos professores. Não menos importante, o apoio e entusiasmo dos líderes provoca nos professores motivação e vontade para desenvolver as ideias, conhecimentos, estratégias e capacidades promovidas pelo PDP (Desimone & Garet, 2015).



Segundo Young (2010), é fundamental aprender a refletir sobre a interação da educação com a sociologia, o que significa entender não apenas tudo o que se passa sobre educação na própria instituição (micro cosmos), desde o currículo às atividades diárias de ensino, professores e alunos; mas, também, compreender a sociedade onde se vive, até ao que se está a passar nas várias instituições educacionais (macro cosmos). Neste contexto, pode-se encarar as escolas do 1.º ciclo e as instituições do ensino superior como microcosmos, havendo assim a necessidade de uma maior interação com a comunidade envolvente, criando parcerias e promovendo um trabalho colaborativo, no sentido de construir algo para o interesse comum, como uma intervenção pedagógica que seja eficaz e benéfica para todos os envolvidos.

Em resumo, para implementar um projeto de intervenção pedagógica, é necessário criar uma rede colaborativa, de forma a desenvolver um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) de professores adequado. Para concretizar este objetivo, é fundamental motivar e aumentar a confiança dos professores para estes conseguirem desenvolver as abordagens recomendadas. Neste sentido, um PDP só será eficaz se munir os professores de conhecimentos para ensinarem e de capacidade para inovarem as suas práticas em aula.

## **2.5 Os tipos de conhecimentos na educação científica**

De acordo com Young (2007), as escolas são instituições com o propósito específico de promover a aquisição do conhecimento. Este autor distingue vários tipos de conhecimento, entre eles, 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 (Young, 2008).

Na verdade, são várias as dimensões relacionadas com os diferentes tipos de conhecimento na educação científica. Dado que o foco desta investigação é o desenvolvimento profissional dos professores, neste trabalho são distinguidos os conhecimentos necessários para ensinar.

### **2.5.1 Conhecimento necessário para ensinar**

Young (2007) distingue “conhecimento dos poderosos” (apenas acessível a alguns) do “conhecimento poderoso”, referindo que este último tem enfoque no currículo e é o conhecimento que um País considera importante para os seus alunos adquirirem. As escolas têm a responsabilidade de levar este conhecimento aos alunos e, deste ponto de vista, é 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)

Deste ponto de vista, cabe às escolas transmitir o conhecimento poderoso aos jovens. Nas sociedades modernas, este conhecimento poderoso é cada vez mais um conhecimento

especializado, o que faz com que seja prioritário os professores o adquirirem (Young, 2007). Tal como Young, outros autores também referem um conhecimento especializado de conteúdo necessário para ensinar (Ball, 2003; Ball; Thames; Phelps, 2008; Shulman, 1986). Por exemplo, Shulman (1986) propõe distinguir três categorias de Conhecimento de Conteúdo (CK): Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK – Subject Matter Content Knowledge), Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK - Pedagogical Content Knowledge) e Conhecimento do Currículo (CuK - Curricular Knowledge).

De acordo com Young (2007), o conhecimento poderoso é um conhecimento especializado que integra o currículo. Young e Muller (2016) mencionam o currículo como uma forma especializada de conhecimento que foi desenhado e otimizado de forma a que os estudantes tenham acesso ao melhor conhecimento disponível em qualquer área curricular. Ainda relativamente ao conhecimento do currículo, Shulman (1986) refere que:

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)

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. Os professores precisam do currículo para “os guiar nas matérias a ensinar (...). Os criadores de currículo delegam nos professores a motivação dos estudantes e o dar significado real aos conceitos transmitidos aos alunos” (Young, 2010, p. 24). Por outro lado, os professores “precisam de ter em conta as experiências e os conhecimentos anteriores que os estudantes trazem para a escola e o que os motivam” (Young, 2010, p. 24).

Este ponto de vista de Young também está relacionado com a aprendizagem significativa defendida por Ausubel (2012). Na verdade, esta pressupõe que os professores tenham conhecimento sobre os seus estudantes de forma a tornarem o ensino mais eficaz. Segundo Ausubel (2012), saber apresentar a informação e as ideias de forma significativa é uma tarefa criativa e complexa que diz respeito ao professor. De facto, os professores não se limitam a seguir regras, uma vez que têm que desempenhar uma prática profissional diversificada em que estão constantemente a tomar decisões importantes e a fazer juízos sobre como interagir com os seus alunos de modo a facilitar a aprendizagem (Abell & Lederman, 2007).

Young reforça este papel dos professores no desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos e na interpretação do currículo:

(...) cabe aos professores, na sua pedagogia, não aos criadores de currículo, desenvolver o conhecimento diário dos alunos ajudando-os a envolverem-se com os conceitos estipulados pelo currículo e identificar a sua relevância. (Young, 2010, p. 25)

O mesmo autor defende ainda um tipo de conhecimento especializado que diz respeito aos investigadores: “Por fim, o conhecimento estipulado pelo currículo tem que assentar em

conhecimento especializado desenvolvido por uma comunidade de investigadores” (Young, 2010, p. 25). Os estudos realizados por Young reforçam a ideia de um conhecimento especializado que é necessário para ensinar. Neste sentido, Shulman (1986) defende que saber uma matéria para ensinar requer muito mais do que apenas saber os conceitos. Para este autor:

Os professores precisam de mais do que apenas serem capazes de definir os conceitos aceites de um dado domínio para os estudantes. Eles também precisam de ser capazes de explicar por que uma dada proposição é dada como adquirida, por que é importante sabê-la, e por que se relaciona com outras proposições, quer na teoria quer na prática. (p. 9)

Na linha do ponto de vista de Shulman, Ball (2003) defende que, para uma aprendizagem efetiva dos estudantes, é fundamental uma análise relativamente às exigências do ensino da matemática e sobre o que os professores precisam de saber para ensinar com eficácia. Segundo esta autora, para além de conhecimentos sólidos sobre os conteúdos a ensinar, cabe ao professor saber como transmitir esses conhecimentos aos seus alunos. De facto, entre várias competências, os professores devem ainda ser capazes de consultar as definições dos livros e, no caso de estes terem definições desadequadas, têm que ter a capacidade de as detetar. Se a definição do livro não for adequada, os professores devem saber mais do que uma definição matemática correta, tendo que ser capazes de escolher ou desenvolver uma definição matemática que também se adapte aos estudantes de um determinado nível de ensino.

Do ponto de vista do Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar, Shulman (1986) refere que o entendimento da matéria a ensinar para um professor inclui “não apenas compreender que algo é assim; para além disso o professor tem que entender por que é assim, quais as bases que o sustentam, e sob que circunstâncias as nossas crenças na sua justificação podem ser enfraquecidas ou mesmo negadas” (p. 9).

No que diz respeito ao Conhecimento de Conteúdo Pedagógico, Shulman refere “as mais úteis formas de representação das ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações, e demonstrações – numa palavra, as formas de representar e formular a matéria que a tornam compreensível para os outros” (p. 9).

Depois de Shulman vários autores desenvolveram estudos sobre conhecimento específico para ensinar determinadas matérias curriculares, nomeadamente sobre Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK). Por exemplo, na área da educação matemática, Ponte (1994) levanta algumas questões relacionadas com o conhecimento necessário para ensinar matemática: “É conhecimento de conteúdo matemático? De pedagogia matemática? Dos processos cognitivos dos estudantes? Ou uma mistura de vários destes conhecimentos” (p. 195).

Ainda na área da educação matemática, Deborah Ball, investigadora sobre o desenvolvimento profissional dos professores de matemática, lança alguma luz sobre as questões colocadas por Ponte. De acordo com esta autora “Nenhum currículo ensina por ele próprio e os conteúdos não atuam independentemente da interpretação dos profissionais que os transmitem” (Ball, 2003, p. 1). A mesma autora refere que: “Ensinar é uma prática profissional que exige

conhecimento e habilidade, para além do que é visível a partir de uma análise do currículo” (Ball, 2003, p. 2). Deste ponto de vista, esta autora defende que uma intervenção pedagógica na área da matemática só será eficiente se for centrada na forma como os professores ensinam. Para além de conhecimento especializado sobre os conteúdos a ensinar, cabe ao professor saber como transmitir este conhecimento aos seus alunos. De facto, ensinar vai muito para além do Conteúdo do Currículo, ensinar requer interpretar, justificar, analisar erros, generalizar e definir, requer saber as ideias e os procedimentos com detalhe e sabê-los suficientemente bem para os representar e explicá-los com habilidade/eficácia de diferentes formas (Ball, 2003).

A partir do estudo sobre o conhecimento de conteúdo, desenvolvido por Shulman, Ball et al. (2008) investigaram quais as competências necessárias para ensinar matemática. Neste estudo empírico, os mesmos autores destacam e classificam diferentes tipos de conhecimento relacionados com o conhecimento da matéria a ensinar e com o conhecimento pedagógico (Figura 2.2). Relativamente ao conhecimento da matéria a ensinar, Ball distingue Conhecimento de Contéudo do senso comum, Conhecimento de Contéudo do horizonte e Conhecimento de Contéudo especializado. No que diz respeito ao Conhecimento de Contéudo Pedagógico (PCK), Ball distingue Conhecimento do Contéudo e dos estudantes, Conhecimento do Contéudo e do ensino, e Conhecimento do Contéudo e do currículo.

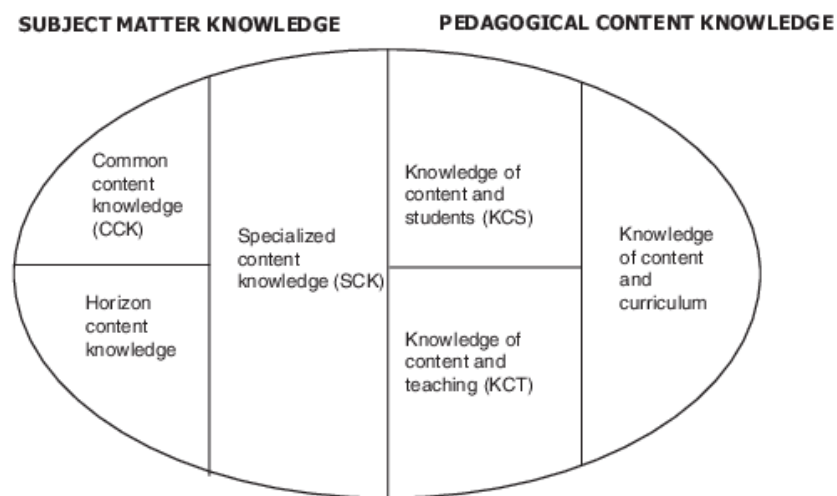


Figura 2.2: Domínios de conhecimento para ensinar Matemática (Ball; Thames; Phelps, 2008, p. 403)

Ainda na área da educação matemática, Ponte (2012) designa como conhecimento didático o conhecimento profissional do professor que inclui os aspetos que se referem à prática letiva. Deste ponto de vista, distingue quatro domínios de conhecimento didático: o conhecimento da matemática, o conhecimento do currículo, o conhecimento do aluno e dos seus processos de aprendizagem e o conhecimento dos processos de trabalho na sala de aula (Figura 2.3).

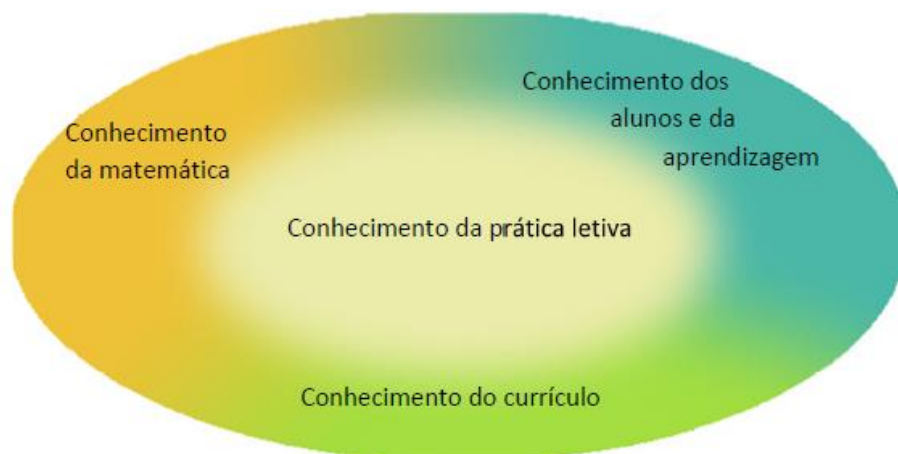


Figura 2.3: Domínios de conhecimento didático (Ponte, 2012, p. 86)

Nos domínios do conhecimento didático, Ponte (2012) coloca o conhecimento da prática letiva no centro, o qual está ligado a outros conhecimentos tais como o conhecimento do currículo; conhecimento da matéria a ensinar, que neste caso é a matemática; e conhecimento dos alunos e da aprendizagem, que no caso Ball et al. (2008) está incluído no Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (Figura 2.2).

Na área da educação em ciências, Luft, Hill, Nixon, Campbell e Dubois (2015) recomendam estender os domínios classificados por Ball et al. (2008). Os mesmos autores defendem a necessidade de desenvolver mais investigação relativamente ao Conhecimento de Conteúdo uma vez que a maioria dos estudos sobre o conhecimento para ensinar ciências debruçam-se essencialmente sobre o Conhecimento Pedagógico. De facto, existem vários estudos na educação em ciências relacionados com o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) introduzido por Shulman (Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999).

Por exemplo, com base nos fundamentos de Shulman (1986) e de Grossman (1990), Park e Oliver (2008, p. 263) apresentam um resumo dos conhecimentos para ensinar. A Figura 2.4 representa os seguintes subdomínios: Conhecimento de Conteúdo da Matéria (Subject Matter Knowledge), Conhecimento Pedagógico, Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) e Conhecimento do Contexto (Context Knowledge). Nesta figura, o Conhecimento do Contexto tem a ver com o meio onde a escola está inserida, o que significa que o professor deve ter em conta o contexto onde o aluno está inserido para ensinar ciências. Como se pode observar na referida figura, o PCK resulta do Conhecimento da matéria a ensinar e do Conhecimento Pedagógico. Por sua vez, o PCK também é influenciado pelo Conhecimento do Contexto.

Ainda neste estudo, com base no PCK, Park e Oliver (2008) apresentam um modelo hexagonal que no seu entender procura representar todos os domínios do conhecimento dos professores para ensinar ciências (Figura 2.5). Neste modelo, destacam-se os seguintes conhecimentos: Conhecimento do currículo de ciências, Conhecimento de estratégias instrucionais para ensinar ciências, Conhecimento dos alunos para entenderem as ciências e Conhecimento para avaliar a aprendizagem das ciências.

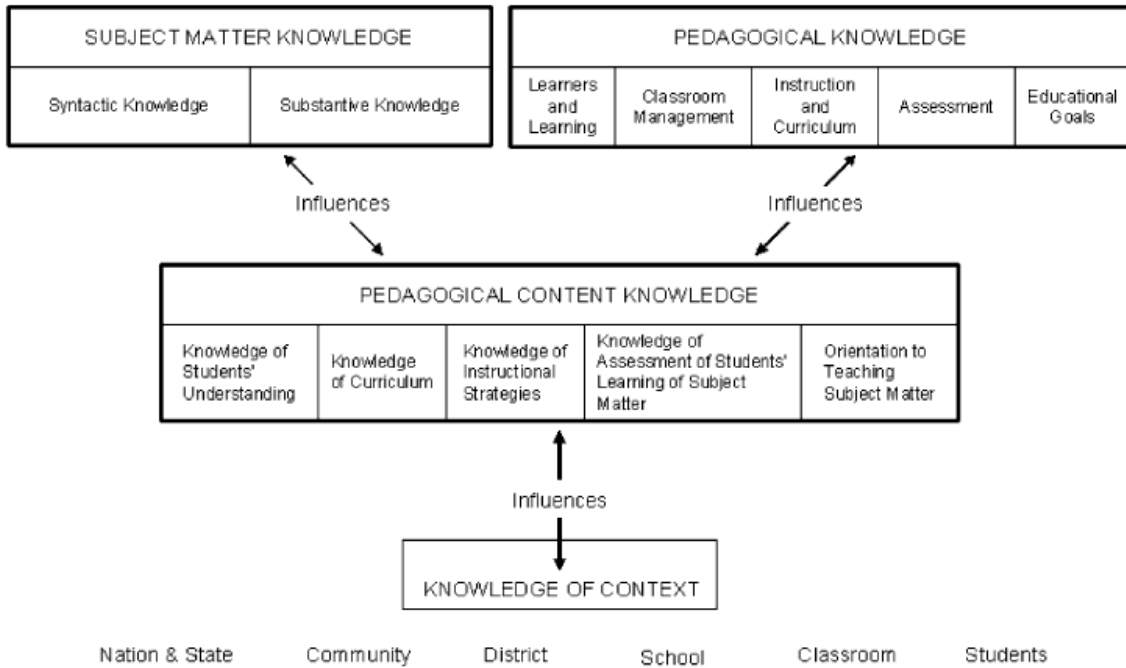


Figura 2.4: Bases do conhecimento para ensinar (Park & Oliver, 2008, p. 263)

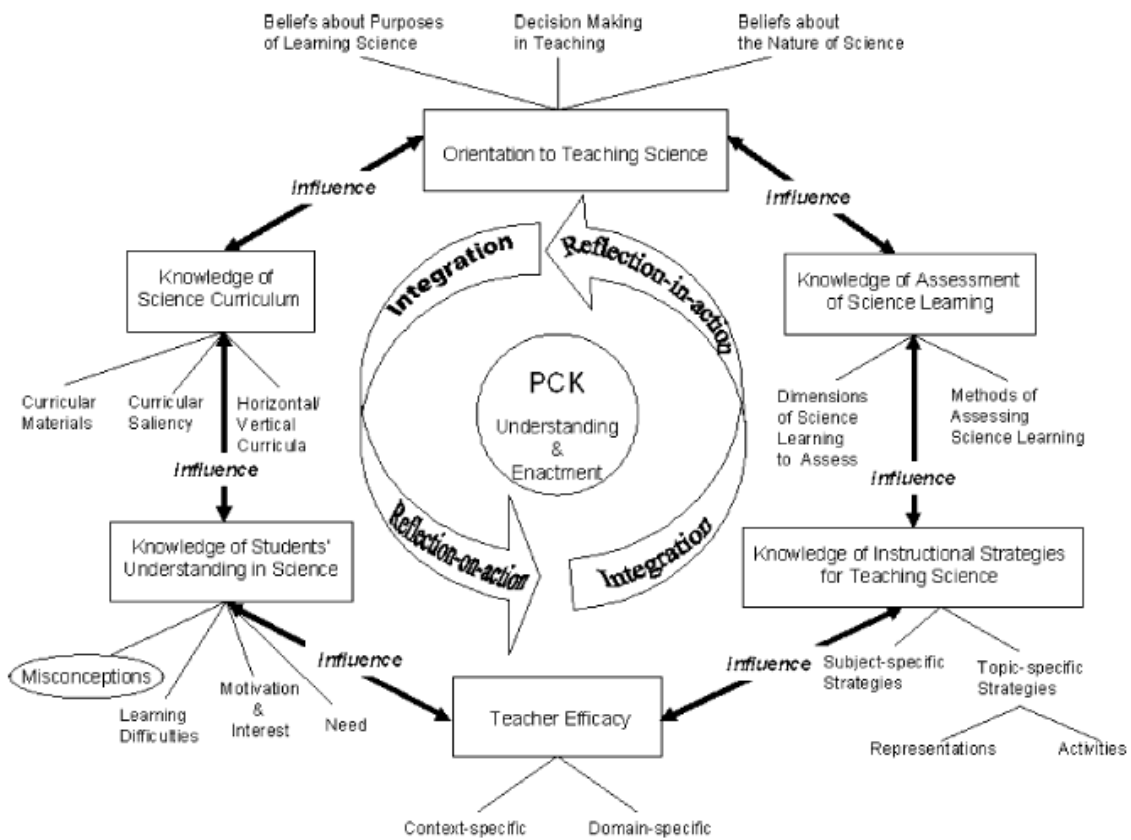


Figura 2.5: Modelo hexagonal do PCK para ensinar ciências (Park & Oliver, 2008, p. 279)

Na área da educação tecnológica, Gimbert e Cristol (2004) referem a importância de os professores adquirirem conhecimento tecnológico e capacidade para o relacionarem com os vários conteúdos curriculares. Também nesta área, Mishra et al. (2006) propõem um enquadramento concetual para a educação tecnológica ao qual chamam TPCK (Technological Pedagogical Content Knowledge), desenvolvido a partir do PCK de Shulman (1986). Neste estudo, eles identificam o conhecimento necessário para a integração tecnológica no ensino. Os mesmos autores defendem que: “ensinar é uma atividade altamente complexa que assenta em muitos tipos de conhecimento (...) incluindo conhecimento do pensamento e da aprendizagem dos estudantes, e conhecimento da matéria a ensinar” (Mishra et al., 2006, p. 1020). Uns anos mais tarde, Koehler, Mishra e Cain (2013) referem que ensinar depende do conhecimento de vários domínios: conhecimento sobre a aprendizagem e raciocínio dos estudantes, conteúdo do currículo, e o conhecimento crescente da tecnologia. Neste sentido, eles argumentam que a interação entre várias formas de conhecimento tais como Conhecimento de Conteúdo (CK), Conhecimento Pedagógico (PK) e Conhecimento Tecnológico (TK) resulta no TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), o qual defendem como o conhecimento necessário para integrar a Tecnologia com eficácia (Figura 2.6).

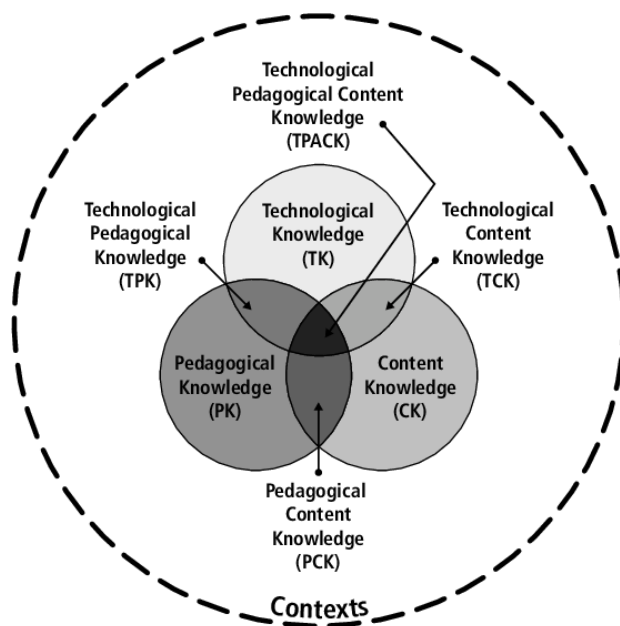


Figura 2.6: Domínios de conhecimento tecnológico (Koehler, Mishra, & Cain, 2013, p. 15)

Com base no enquadramento, apresentado nesta secção, há um consenso relativamente à especificidade do conhecimento necessário para ensinar. Young destaca o conhecimento poderoso como um conhecimento especializado que é necessário ser adquirido pelos professores de forma a conseguirem transmiti-lo aos alunos. Por outro lado, os professores têm que ter a capacidade de modificar e adaptar esse mesmo conhecimento de modo a torná-lo acessível aos seus alunos, o que implica Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (Shulman, 1986). Mishra et al. (2006), que também desenvolveram o PCK identificado por Shulman, referem que:

PCK resulta da interseção do conhecimento e da pedagogia. (...) PCK é a forma como a matéria é transformada para ensinar. Isto ocorre quando o professor interpreta a matéria e encontra diferentes formas de a representar e de a tornar acessível aos alunos. (p. 1021)

Neste sentido, Ball et al. (2008) também se referem ao PCK dizendo que este:

oferece uma forma de construir pontes entre o mundo académico do conhecimento disciplinar e a prática do mundo do ensino (...) ao identificar uma amálgama de conhecimentos que combinam o conhecimento de conteúdo com o conhecimento dos estudantes e da pedagogia” (p. 398).

De facto, tal como referido por Ball (2003), o conhecimento de matemática necessário para um engenheiro não é o mesmo conhecimento que é necessário para ensinar matemática. O mesmo raciocínio aplica-se na área da educação em ciências e educação com tecnologia. Em todos os casos parece haver consenso relativamente à importância do Conhecimento de Conteúdo das Matérias a Ensinar assim como do Conhecimento Pedagógico para tornar essas mesmas matérias acessíveis aos alunos. Nesta investigação um dos principais objetivos é a promoção da interdisciplinaridade pelo que interessa aprofundar qual é o conhecimento necessário para a implementar, em particular qual é o conhecimento necessário para a implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM.

## 2.5.2 Conhecimento necessário para promover a Interdisciplinaridade

Com o decorrer deste estudo, a interdisciplinaridade foi ganhando cada vez mais protagonismo, ao ponto de se propor estender o reconhecido acrónimo STEAM a STEAMH (Costa & Domingos, 2018a). Neste artigo, os autores propõem uma forma de introduzir as STEAMH no ensino básico, com base na experiência do projeto mais amplo que se encontra no terreno desde 2013. Para a implementação do mesmo foi necessário desenvolver um trabalho colaborativo entre vários professores do ensino superior (especialistas nas várias áreas relacionadas com o acrónimo proposto) e a comunidade envolvente, nomeadamente centros de formação, agrupamentos de escolas e comunidades intermunicipais.

Tendo em conta o papel da interdisciplinaridade nesta investigação, é relevante questionar quais são os conhecimentos para ensinar que são necessários para a promover. No entanto, no decorrer desta investigação, não foram encontrados estudos que apresentassem um quadro teórico para o conhecimento interdisciplinar, nomeadamente relacionado com a integração das STEM. Ora, tal como referido anteriormente, a comunidade académica continua a debater-se com dificuldades relacionadas com a implementação das STEM ou STEAM. Assim, talvez seja útil desenhar um quadro que permita caracterizar qual é o conhecimento para ensinar que é necessário para integrar as STEM ou STEAM. Este quadro poderá ajudar a compreender como tornar mais eficaz um programa de desenvolvimento profissional em que um dos principais objetivos seja que os professores consigam implementar práticas letivas interdisciplinares, nomeadamente práticas letivas relacionadas com as STEM ou STEAM.



Por este motivo, sentiu-se necessidade de aprofundar qual é o conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade, em particular a integração das STEM. Na literatura, um estudo que envolve uma abordagem integrada parece ser o de An (2007), mas este apenas relaciona a matemática e ciências. Por outro lado, Niess (2005) tem por objetivo integrar a tecnologia no ensino como uma forma de atualizar as aulas de matemática e ciências de forma a corresponder aos desafios do século XXI. No entanto, o seu estudo dá protagonismo à Tecnologia como uma ferramenta procurando aplicar o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Tecnológico (TPCK) num contexto formativo que envolve professores de matemática e ciências.

O estudo de An (2017) estende o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) ao Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Interdisciplinar (IPCK - Interdisciplinary Pedagogical Content Knowledge). Para esta autora, IPCK é considerado um “conhecimento explícito da pedagogia interdisciplinar” (An, 2017, p. 238). Neste sentido, An (2017) propõe uma representação do IPCK no contexto da Matemática e Ciências (Figura 2.7). Segundo An, o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) consiste num conjunto de várias capacidades que se concentram entre o Conhecimento Pedagógico e Conhecimento de Conteúdo, as quais têm a ver com a forma “como os tópicos individuais de conhecimento das matérias são sistematizados, modificados e exemplificados para o ensino em aula” (An, 2017, p. 238).

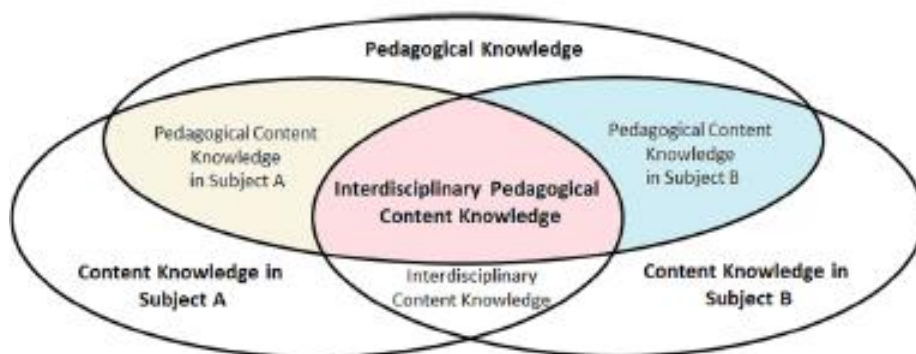


Figura 2.7: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Interdisciplinar (An, 2017, p. 239).

Na representação de An, há uma interseção do conhecimento de conteúdo da matemática com o conhecimento de conteúdo sobre ciências que resulta no Conhecimento de Conteúdo Interdisciplinar (ICK). Posteriormente, este ICK é cruzado com o Conhecimento Pedagógico, o que finalmente conduz ao Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Interdisciplinar (IPCK - Interdisciplinary Pedagogical Content Knowledge).

### 2.5.3 Proposta de um modelo de Conhecimento necessário para integrar as STEM, STEAM ou STEAMH

Com o objetivo de investigar qual é o conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade, procurou-se incorporar as ideias dos autores citados nas subseções anteriores de forma a desenhar um quadro teórico que possa ser usado no âmbito do conhecimento interdisciplinar. Em particular, pretendia-se que esta interdisciplinaridade incluísse pelo menos

as STEM e, quando possível, fosse estendida até às Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática e Património (STEAMH - Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage).

Começando com as STEM, estas envolvem Ciências (S), Tecnologia (T), Engenharia (E) e Matemática (M), as quais são as quatro áreas que integram a respetiva sigla (Figura 2.8).



Figura 2.8: As quatro áreas que integram as STEM.

A literatura apresenta algumas tentativas de integração destas áreas (Baker, & Galanti, 2017; Ríordáin et al., 2016; Treacy & O'Donoghue, 2014), sendo as mais comuns as representadas na Figura 2.9.

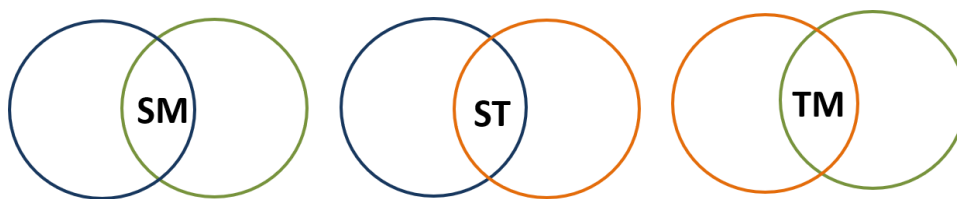


Figura 2.9: Alguns cruzamentos das áreas que integram as STEM.

No trabalho, aqui desenvolvido, pretendeu-se estender esta integração a todas as áreas relacionadas com as STEM. Ora esta integração mais abrangente traz desafios adicionais, uma vez que requer a existência de um conhecimento especializado que resulta do cruzamento dos vários conhecimentos relacionados com cada uma das áreas em particular. Na verdade, em alguns estudos preliminares desenvolvidos por Costa e Domingos (2017a; 2018a; 2018e) verificou-se a importância do conhecimento das matérias a ensinar, sem o qual os professores não têm motivação nem confiança para desenvolverem as novas abordagens propostas. Desta forma, para implementar tarefas que integrem as STEM são necessários conhecimentos da matéria a ensinar (SMCK) sobre Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Figura 2.8). Mas, dado que se pretende uma abordagem integrada, as tarefas devem incluir os vários tópicos numa mesma tarefa, o que significa que eles surgem de forma integrada sem uma fronteira entre os mesmos (Figura 2.10).

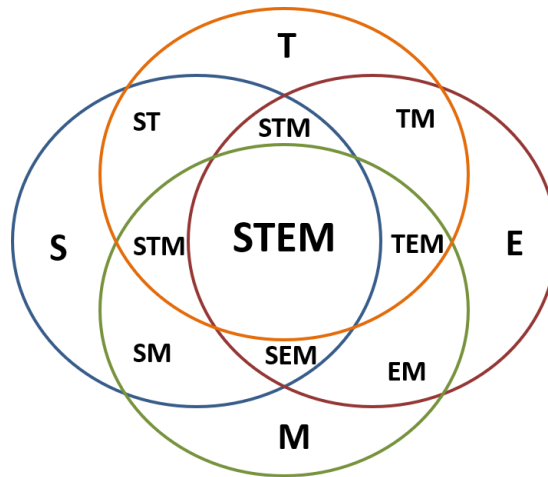


Figura 2.10: A integração das STEM.

Mas não basta ter SMCK relacionado com as STEM para implementar as tarefas com eficácia em aula. De acordo com o exposto nas subsecções anteriores, os professores também têm que ter a capacidade de sistematizar e transformar o SMCK de forma a que este seja entendido pelos seus alunos. Este é um conhecimento especializado único para ensinar que resulta essencialmente do Conhecimento de Conteúdo e do Conhecimento Pedagógico (Figura 2.11) dando origem ao Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK - Pedagogical Content Knowledge), tal como defendido por Shulman (1986).

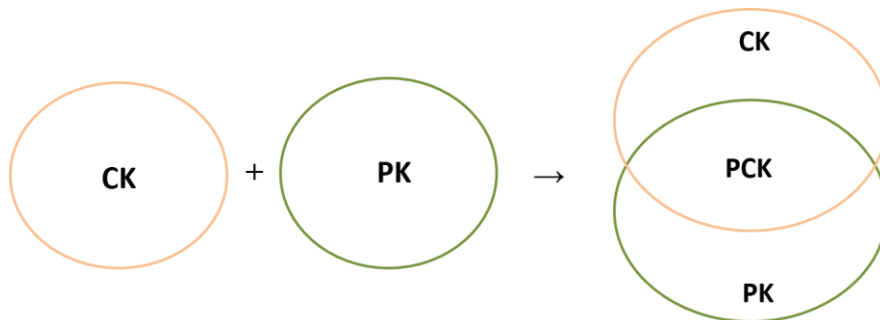


Figura 2.11: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK).

De facto, o PCK tem sido desenvolvido por vários autores, aplicado a diferentes áreas curriculares como por exemplo a matemática (Ball et al., 2008) ou as ciências (Luft et al., 2015; Park & Oliver, 2008), ou ainda relacionado com a introdução da tecnologia (Koehler et al., 2013). Este é considerado um conhecimento especializado para ensinar, o qual permite adaptar o conhecimento das matérias a ensinar (SMCK) de forma a que este se torne acessível aos alunos (An, 2017; Ball et al., 2008; Mishra et al., 2006; Shulman, 1986).

Tendo em conta todas as categorias de conhecimento identificadas na Figura 2.10 e Figura 2.11, e cruzando-as entre si obtém-se mais categorias (Figura 2.12).

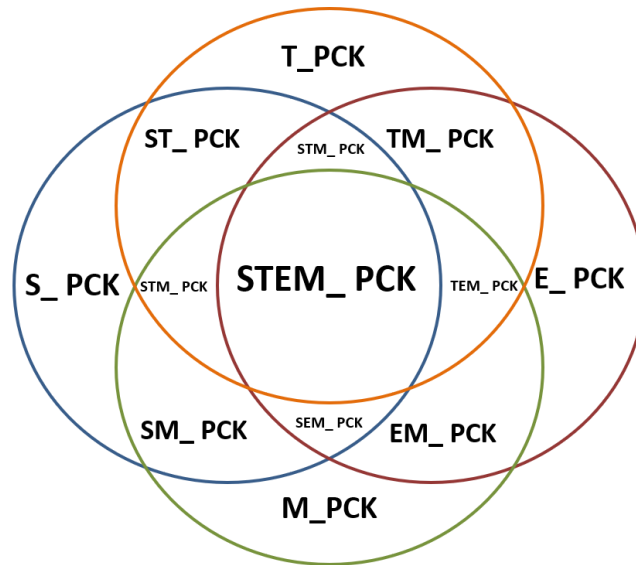


Figura 2.12: As várias categorias de Conhecimento necessário para ensinar as STEM.

Finalmente, desenvolvendo o raciocínio feito para as STEM e estendendo-o às STEAMH, propõe-se a seguinte representação do conhecimento necessário para a integração das STEAMH (Figura 2.13), o que permite obter a categoria final que inclui o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico para integrar as STEAMH: STEAMH\_PCK (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage Pedagogical Content Knowledge).

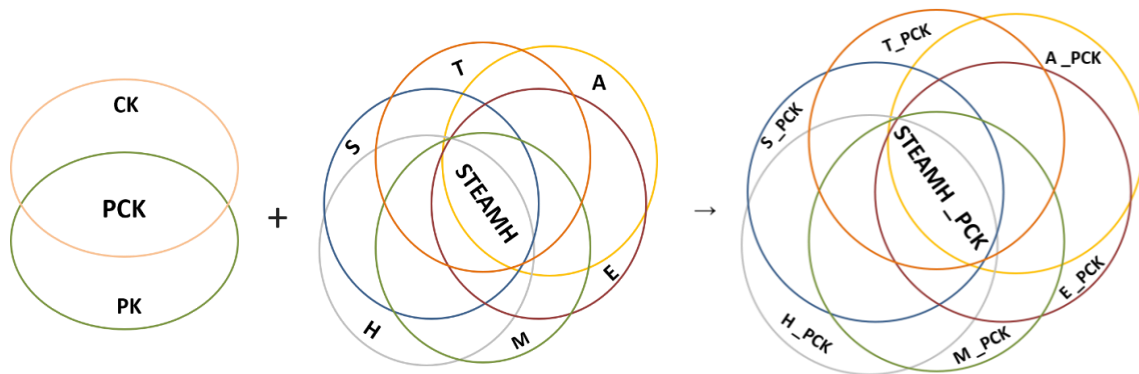


Figura 2.13: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico para integrar as STEAMH.

Um dos principais objetivos do programa de desenvolvimento profissional é desenvolver competências nos professores, de forma a que estes consigam implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH. Desta forma, os professores não só têm que adquirir conhecimentos teóricos sobre as matérias a ensinar (SMCK), mas também têm que ser capazes de realizar as atividades práticas *hands-on*, relacionadas com essas matérias, de forma a que façam sentido para os alunos. Assim, o modelo aqui proposto terá que ser testado e aprofundado para se perceber se reflete o carácter *hands-on* das tarefas realizadas. Esta discussão será feita no capítulo da apresentação e análise de dados. Neste sentido, pretende-se caracterizar

os conhecimentos dos professores que são necessários de forma a que estes consigam implementar as abordagens propostas.

## 2.6 Síntese do enquadramento teórico

A literatura nacional e internacional diagnostica dificuldades relacionadas com a implementação de atividades práticas *hands-on* de ciências, com a promoção da interdisciplinaridade (em particular com as STEM) e com a abordagem do questionamento investigativo. Para fazer face a este cenário, torna-se necessário promover o desenvolvimento profissional dos professores, de forma a que estes adquiram conhecimento, motivação, confiança e capacidade para inovarem as suas práticas.

Dado o reconhecimento da importância de promover o desenvolvimento profissional dos professores, não menos importante é saber como implementar um programa de desenvolvimento profissional que seja eficaz. Deste ponto de vista é crucial identificar quais são as características que definem a eficácia deste programa. Outra questão essencial é como promover essa eficácia. A literatura dá resposta a algumas destas questões. Por exemplo, para Buczynski e Hansen (2010), um PDP só será eficaz se os professores conseguirem implementar, em aula, o que aprenderam no decorrer da sua formação. Outros autores referem que é necessário que o PDP tenha impacto nos professores, de forma a que estes adquiram novos conhecimentos e consigam alterar as suas práticas em aula (Darling-Hammond & Richardson, 2009; Desimone, 2009).

Quanto às estratégias que promovem a eficácia de um programa de desenvolvimento profissional, a literatura também apresenta vários estudos. Uma das principais recomendações tem a ver com o apoio prestado aos professores no decorrer da sua formação (Afonso et al., 2005; Capps & Crawford, 2013; Darling-Hammond et al., 2017), de forma a que estes adquiram conhecimento de conteúdo sobre as matérias a ensinar e conhecimento pedagógico que lhes confira capacidade para implementarem as novas abordagens em aula (Baxter et al., 2014). Neste sentido, é fundamental criar uma rede colaborativa que apoie os professores no decorrer do seu desenvolvimento profissional de forma a torná-lo sustentável (Rocard et al., 2007; Zehetmeier & Krainer, 2011).

Esta investigação alinha com os pontos de vista acabados de descrever por também considerar importante intervir junto dos professores promovendo o seu desenvolvimento profissional. Com este objetivo, foram criadas ações de formação acreditadas, destinadas a munir os professores de conhecimento de conteúdo e pedagógico relacionado com as STEM, de modo a motivá-los e apoiá-los na criação e implementação de tarefas *hands-on* interdisciplinares e recorrendo às estratégias de ensino recomendadas para promover uma abordagem mais significativa.



## 3 Metodologia

Neste capítulo, é apresentada a metodologia de *Teacher Design Research* (Bannan-Ritland, 2000) usada nesta investigação. Em primeiro lugar, apresentam-se as razões para as opções metodológicas deste estudo. De seguida, descreve-se a abordagem qualitativa usada, o processo de recolha e análise de dados, os participantes, assim como as opções tomadas para conduzir a investigação. Por fim, são referidas questões éticas e alguns aspetos relacionados com a validação do estudo realizado.

### 3.1 Razões para as opções metodológicas

Tal como já referido no Capítulo 2, apesar das várias recomendações e reformas para promover a inovação das práticas dos professores, não é fácil concretizar este objetivo. De facto, vários autores referem que muitos professores continuam a ensinar de forma tradicional, quer a nível internacional quer a nível nacional (Correia, 2014; Rocard et al., 2007). Face a este cenário, continua a haver um problema por resolver e, por conseguinte, há a necessidade de desenvolver e implementar medidas que contribuam para resolver os problemas diagnosticados. A estratégia para esta mudança tem a ver com uma intervenção pedagógica junto dos professores, uma vez que eles desempenham um papel fundamental na educação dos estudantes. Neste sentido, esta investigação tem como foco principal os professores e o seu desenvolvimento profissional.

Mas, como já referido, o desenvolvimento profissional dos professores é muito complexo (e.g., Abell & Lederman, 2007; Avalos, 2011; Mishra et al., 2006), havendo por isso necessidade de continuar a desenvolver investigação nesta área (e.g., Hewson, 2007). Face à existência de um problema complexo a investigar, o qual envolve uma intervenção educacional, em contexto real, com o objetivo de gerar soluções, Plomp (2013) recomenda a metodologia de *Design Research* no âmbito de um estudo de desenvolvimento. Além disso, Reeves (2006) também recomenda esta metodologia nos casos em que se pretende tornar uma intervenção mais eficaz.

Zawojewski, Chamberlin, Hjalmarson e Lewis (2008) propõem a extensão do *Design Research* ao desenvolvimento profissional dos professores no terreno, num contexto que envolve equipas de investigadores em conjunto com os professores, com vista a estudar e compreender como estes desenvolvem a sua prática. Cobb, Jackson e Dunlap (2016) referem que o objetivo de um estudo de *design* é investigar as possibilidades de reforços educacionais, apoiando os professores no desenvolvimento de práticas inovadoras. Tendo em conta que o principal foco são os professores e o seu desenvolvimento profissional, optou-se por uma metodologia de *Teacher Design Research* (Bannan-Ritland, 2000), a qual tem por principal objetivo promover o desenvolvimento profissional dos professores, levando-os a alterarem as suas práticas, com vista a melhorar todo o processo de ensino e aprendizagem.

Para intervir junto dos professores é fundamental motivá-los e muni-los de confiança e capacidade para inovarem em aula. Neste sentido, vários autores recomendam a criação de uma rede que apoie os professores (Rocard et al., 2007) no decorrer do seu desenvolvimento profissional de forma a torná-lo eficaz e sustentável (Zehetmeier & Krainer, 2011). Com base nestas recomendações, para este estudo foi desenvolvido um trabalho colaborativo entre equipas de investigação e professores em exercício, sendo o objetivo final a inovação das suas práticas, no sentido de implementarem e desenvolverem as abordagens propostas. Neste contexto, foram produzidos protótipos, artefactos e práticas inovadoras que contribuem para a intervenção e têm impacto no ensino e aprendizagem no seu ambiente natural (Barab & Squire, 2004). Este contexto é projetado e sistematicamente modificado pelos investigadores, o que implica o compromisso de avaliar os resultados, no ambiente natural onde ocorre a intervenção. Neste sentido, é necessário desenvolver ferramentas metodológicas para aferir as evidências resultantes destes contextos (Barab & Squire, 2004).

A literatura, para além de referir a necessidade de desenvolver investigação sobre o desenvolvimento profissional dos professores, também refere a falta de estudos empíricos (Darling-Hammond et al., 2017), nomeadamente com professores em serviço (Ríordáin et al., 2016). Este trabalho pretende contribuir para a literatura apresentando um estudo empírico, desenvolvido no âmbito de um programa de desenvolvimento profissional de professores do 1.º CEB, no contexto da sua prática profissional e no seu ambiente natural em aula. A investigação decorreu durante três anos letivos, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, correspondendo cada um deles a um ciclo de *Teacher Design Research*.

### **3.2 Abordagem qualitativa de natureza interpretativa**

Nesta investigação, é usada uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa recorrendo a estudos de caso (Cohen, Lawrence, & Keith, 2007; Creswell, 2012). O principal objetivo de uma abordagem qualitativa é o de compreender um dado fenómeno no contexto onde este ocorre e do ponto de vista dos participantes no mesmo (Merriam, 1998; Stake, 2013).



Um estudo de caso consiste numa investigação empírica que observa “fenómenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real” (Yin, 2001, p. 19), podendo permitir uma “generalização dos resultados” obtidos (Yin, 2001, p. 53). Neste sentido, foram considerados alguns estudos de caso de professores que participaram num PDP, os quais ilustram a forma como os mesmos implementaram as tarefas em aula.

Bardin (1997) recomenda usar instrumentos metodológicos de análise de conteúdo para obter uma interpretação dos dados o mais rigorosa e objetiva possível. Neste sentido, um dos objetivos é identificar e categorizar as características/estratégias do PDP que contribuíram para a eficácia deste programa e conduziram os professores de forma a desenharem e implementarem atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH, assim como a usarem as estratégias de ensino recomendadas. A elaboração de categorias, resultantes da análise de dados, constitui uma fase importante desta análise uma vez que permite sistematizar a informação, a partir dos dados recolhidos, de acordo com o objetivo da investigação (Merriam, 1998). Neste estudo, a análise de conteúdo foi aplicada aos portefólios dos professores, os quais foram apresentados no final de cada ano letivo e contêm reflexões críticas sobre o programa de desenvolvimento profissional, propostas e evidências das práticas desenvolvidas em aula, com os respetivos alunos. De acordo com Bardin (1997), a análise de conteúdo envolve três fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A pré-análise consistiu numa primeira leitura das notas de campo e dos portefólios dos professores. Com base nesta primeira fase, começou-se por identificar várias dimensões, a partir das quais se deu prioridade à escrita de artigos para revistas internacionais e à participação em conferências nacionais e internacionais para apresentar e discutir alguns resultados.

O método da observação direta permite ter contato em primeira mão com o fenómeno em estudo e serve para recolher dados no ambiente natural onde este ocorre (Merriam, 1998). De acordo com Yin (2001), a observação pode ter lugar em vários contextos, desde as reuniões com os professores à sala de aula dos mesmos. No contexto do estudo em causa, as observações decorreram quer nos *workshops* de formação presencial, destinados aos professores, quer nas visitas à sala de aula dos mesmos. Nestes momentos, são recolhidas notas de campo com vista a interpretar as estratégias, reflexões e práticas desenvolvidas.

As entrevistas permitem aprofundar a investigação. Estas podem ser estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas (Cohen, Lawrence, & Keith, 2007). De acordo com Bogdan e Biklen (1994), as entrevistas semiestruturadas permitem ao investigador entender de forma intuitiva as ideias do entrevistado e a forma como este interpreta os fenómenos. Além disso, a ausência de um guião rígido faz com que o investigador possa adaptar as questões/discurso de forma a obter a informação pretendida (Ludke & André, 2011). Por este motivo, optou-se pela realização de entrevistas semiestruturadas, sem recurso a um guião rígido, uma vez que assim era possível adaptar as questões ao longo da entrevista, de acordo com a informação disponibilizada pelo entrevistado e com a informação que era necessário recolher.

### 3.3 Design Research

Plomp (2013) apresenta uma definição formal de *Design Research* (DR) na educação, na qual faz uma distinção entre estudos de desenvolvimento e estudos de validação, dependendo dos propósitos da investigação. No caso dos estudos de desenvolvimento, Plomp (2013) apresenta a seguinte definição formal de DR:

Análise sistemática, *design* e avaliação de intervenções educacionais com o duplo objetivo de gerar soluções com base na investigação de problemas complexos na prática educacional, e desenvolvimento do conhecimento sobre as características e os processos de *design* e de desenvolvimento dos mesmos. (Plomp, 2013, p. 16)

De acordo com Barab e Squire (2004), *Design Research* envolve a produção de artefactos e o desenvolvimento de práticas que se inserem no ensino e aprendizagem em ambiente real. Além disso, este contexto real é constantemente desenhado e modificado pelos investigadores, o que implica um compromisso de avaliar esse mesmo contexto.

Neste sentido, esta metodologia pressupõe a realização de vários ciclos de *Design Research* (Figura 3.1).

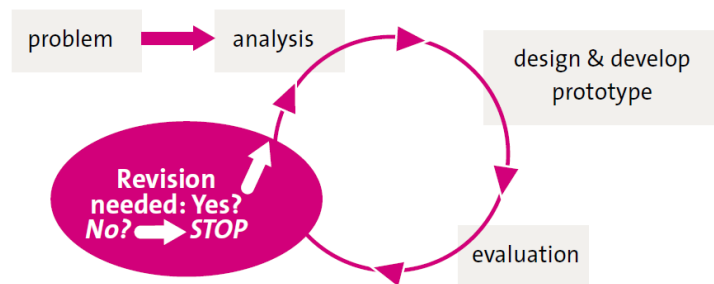


Figura 3.1: Iterações de ciclos sistemáticos de design (Plomp, 2013, p. 17).

Deste ponto de vista, o *Design Research* é relevante em práticas educacionais e, independentemente do seu propósito, a investigação incorpora sempre processos de *design* educacionais (Plomp, 2013).

Reeves (2006) recomenda que a metodologia de *Design Research* deve ser adotada pelos investigadores, de modo a tornarem uma dada intervenção mais eficaz. Segundo este autor, com base nesta metodologia, os investigadores “assumem compromissos essenciais através de uma colaboração próxima com os professores e os estudantes de forma a desenvolverem ambientes de aprendizagem interativos nos próprios contextos onde eles serão implementados” (Reeves, 2006, p. 98).

De acordo com Reeves (2006), *Design Research* envolve a análise de problemas práticos não só por investigadores, mas também por aqueles que assumem a prática através de um trabalho colaborativo. Uma vez realizada esta análise, a fase seguinte consiste no desenvolvimento de protótipos e/ou de propostas de soluções. A solução e/ou protótipo é colocada em prática,

seguindo-se vários ciclos de testes e de refinamento/ melhoria. Por fim, faz-se uma reflexão para produzir e aprimorar uma solução de implementação e, se necessário, o processo repete-se (Figura 3.2).

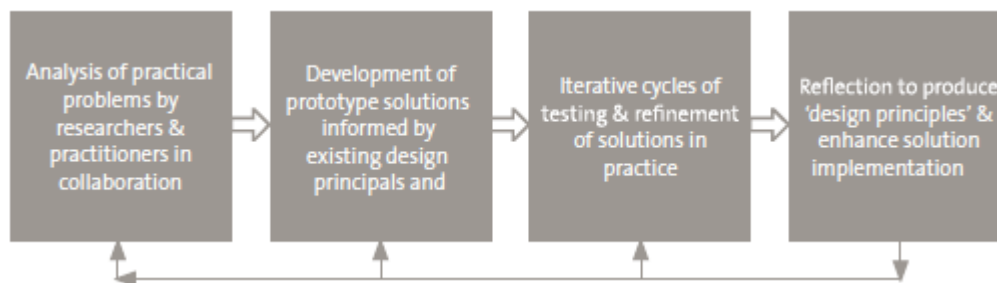


Figura 3.2: Refinamento de problemas, soluções, métodos, e princípios de *design* (Reeves, 2006, p. 98).

No caso de um estudo de desenvolvimento, Nieveen, McKenney & Van den Akker (2006) defendem uma análise retrospectiva sobre a experiência de *design* e a sua implementação, de forma a realizar ajustamentos e refinamentos da teoria e da experiência de ensino. Estes ajustes decorrem a partir de sucessivas iterações de análise de dados.

O estudo aqui desenvolvido assenta numa variante da metodologia de *Design Research* designada por *Teacher Design Research*, a qual tem por objetivo promover o desenvolvimento profissional dos professores, tal como se descreve na secção seguinte.

### 3.4 A metodologia de *Teacher Design Research* (TDR)

A metodologia de *Teacher Design Research* (TDR) é apresentada como uma forma de promover o desenvolvimento profissional dos professores (Bannan-Ritland, 2000). A premissa da abordagem desta metodologia é que o envolvimento dos professores em ciclos de longo prazo (por exemplo um ano) de *design research* pode promover aprendizagem profunda de conteúdo, desenvolver as capacidades de adaptação dos professores, em sala de aula, levando-os a repensar as suas crenças e práticas. Esta metodologia (TDR) desafia os professores a fazerem atividades de investigação, nas suas salas de aula, desenhando e testando protótipos de materiais educativos (incluindo *software*) e participando em processos de ensino inovadores, envolvendo outros professores (trabalhando em conjunto com equipas de investigação), empenhados em vários ciclos de recolha de dados (Bannan-Ritland, 2000). A mesma autora refere que as falhas ou sucessos de tais atividades, desenhadas para promover a aprendizagem dos alunos, podem levar os professores a reconsiderarem o núcleo das suas ideias de ensino, crenças e competências.

De acordo com Bannan-Ritland (2000), as perspetivas dos professores e o seu conhecimento prático para adaptar práticas em sala de aula são determinantes. Enquanto os investigadores aprendem sobre abordagens de ensino aplicadas e os professores, como *designers*,

se debatem com as suas práticas individuais e coletivas; todos refletem e reformulam naturalmente as suas perceções sobre as questões do ensino e aprendizagem. A TDR transforma-se assim num contexto de investigação que leva significativamente os professores a reestruturarem as suas ideias nucleares, crenças e práticas. A natureza colaborativa da TDR precisa de uma confiança mútua na resolução de problemas e na teoria de *design* necessária para ir além de contextos locais e promover a divulgação de inovações.

Ainda de acordo com a mesma autora (Bannan-Ritland, 2000), o principal objetivo da TDR é promover o crescimento dos professores como especialistas adaptativos, sendo discutidos seis princípios da TDR como enquadramento do *design*:

- TDR deve ser conduzido através de um desafio educacional que evidencie complexidade investigativa significativa;
- TDR deve ser aplicado quando o desenvolvimento profissional tradicional dos professores parece desadequado à missão dos mesmos;
- O desenvolvimento profissional dos professores pode ser potenciado através do seu envolvimento direto em vários ciclos de TDR;
- TDR é semelhante mas diferente de outras abordagens de desenvolvimento profissional, influenciadas pelo *design* e atividades de investigação;
- TDR é visto como um quadro de difusão de inovações;
- TDR requer um compromisso intensivo a longo prazo com a aprendizagem dos professores.

A TDR envolve metodologias e pedagogias conhecidas como a de investigação-ação, *inquiry*, entre outras. Na verdade, a metodologia de TDR pode configurar práticas de investigação-ação (Dick, Stringer, & Huxham, 2009; Stringer, Christensen, & Baldwin, 2009) quer por parte dos investigadores quer por parte dos professores envolvidos.

Na metodologia de TDR há um compromisso de um trabalho que, entre outras características, envolve uma equipa e algum tempo, por exemplo um ano letivo, como é o caso do estudo aqui apresentado. Este tempo é necessário porque é preciso refletir e repensar as práticas letivas, propor novas práticas, incluindo a criação de conteúdos e protótipos, sendo feita a formação dos professores, se necessário. De seguida faz-se uma avaliação, recolhendo e analisando dados, para aferir a eficácia da intervenção proposta. Feita esta avaliação, o processo repete-se com vista a obter os resultados desejados. No final, apresenta-se o trabalho desenvolvido aos pares e possíveis interessados, sendo esta uma forma de disseminação do trabalho desenvolvido (Bannan-Ritland, 2000).

Em resumo, a metodologia de TDR pressupõe um trabalho colaborativo entre uma equipa de investigadores e professores sendo necessário envolvê-los em ciclos de *design research* com alguma duração, como por exemplo um ano letivo. No final de cada ciclo deve ser feita uma

avaliação entre os intervenientes com vista a reestruturar os ciclos seguintes até serem atingidos os objetivos pretendidos.

### 3.4.1 A Metodologia de TDR no estudo empírico

Para realizar o presente estudo empírico, foi desenvolvido um trabalho colaborativo entre professores do ensino superior, investigadores, um Centro de Formação de professores e Agrupamentos de Escolas, de forma a criar e implementar um programa de desenvolvimento profissional que fosse adequado à região (centro de Portugal) e destinado aos professores do 1.º CEB (Figura 3.3). A investigadora desempenhou o papel de facilitadora neste processo. Neste papel, foi responsável pela coordenação do programa de formação, assim como pela dinamização de alguns dos *workshops* e das atividades implementadas e, quando não era a principal responsável pela condução das tarefas, colaborava com os restantes formadores. Este papel simultâneo de investigadora e facilitadora tem importância para o desenvolvimento profissional dos professores, por permitir um diálogo construtivo com os formandos, desenvolvendo a reflexão:

na (re) aquisição de conhecimentos, na alteração da prática pedagógica, na resolução de conflitos ao nível de concepções e crenças, no domínio da linguagem e dos conceitos necessários para descrever e compreender as práticas dos professores e a aprendizagem dos alunos. (Afonso et al., 2005; p. 28 - 29)

Na Figura 3.3, o esquema ilustra a rede colaborativa que foi criada para implementar o programa de desenvolvimento profissional.



Figura 3.3: Rede colaborativa para implementar o PDP

A Figura 3.4 mostra que os professores se encontram no centro uma vez que se pretende promover o seu desenvolvimento profissional. O objetivo é que estes inovem as suas práticas,

desenhando e implementando diversas atividades práticas *hands-on* de ciências promovendo a interdisciplinaridade, nomeadamente integrando as STEM, e recorrendo ao questionamento investigativo.

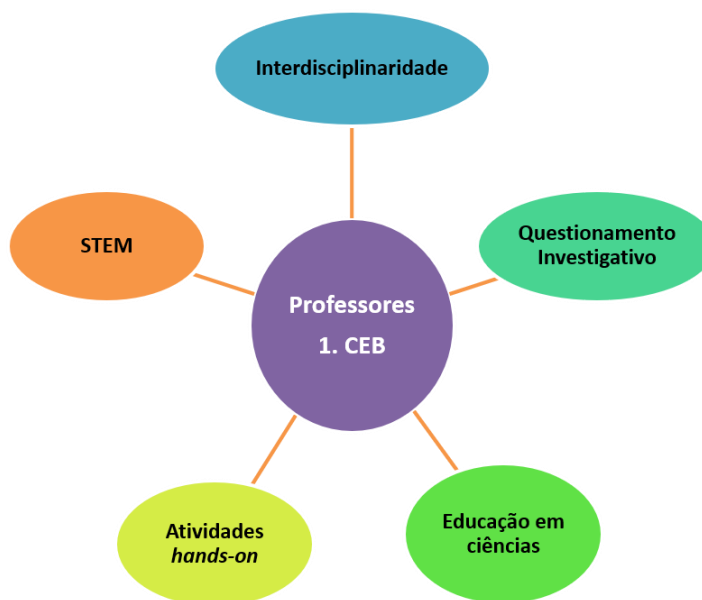


Figura 3.4: Atividades a implementar pelos professores.

As atividades práticas, introduzidas na formação, são inicialmente preparadas e desenhadas pelos formadores em colaboração com a investigadora e de acordo com o currículo do 1.º CEB. Nos *workshops* das sessões presenciais, os professores têm a oportunidade de treinar e manipular os materiais com o objetivo de serem capazes de realizar este tipo de abordagem com os seus alunos. Para além de desenvolverem as atividades práticas trabalhadas na formação, os professores são incentivados a desenharem e a criarem as suas próprias atividades, podendo contar com a ajuda dos formadores neste processo.

O PDP consiste num total de 26 horas anuais que decorrem durante um ano letivo. Cada ano letivo corresponde a um ciclo de TDR. No final de cada ciclo de TDR, é desenvolvida uma reflexão entre os formadores (professores do ensino superior e investigadores), professores (que participam no programa) e a diretora do Centro de Formação, no sentido de melhorar o contexto formativo, de modo a torná-lo cada vez mais eficaz de forma a levar os professores a inovarem as suas práticas. A partir das conclusões desta reflexão resultam propostas de estratégias a implementar no ciclo seguinte de TDR, com vista a melhorar a eficácia desta experiência de desenvolvimento profissional dos professores.

### 3.4.2 Os três ciclos de TDR no projeto empírico

Dadas as dificuldades identificadas na literatura relacionadas com a implementação da educação em ciências, a promoção da interdisciplinaridade, em particular com a integração das

STEM e, principalmente, com a reconhecida complexidade de promover o desenvolvimento profissional dos professores, entendeu-se que seria necessário realizar vários ciclos de TDR.

O 1.º ciclo de TDR consistiu numa experiência piloto, que decorreu no ano letivo 2015/2016, com 14 professores de um Agrupamento de Escolas que aceitou participar na experiência. Para realizar esta experiência piloto foi proposta, ao Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, a ação de formação “Matemática e Ciências: Uma abordagem experimental no ensino básico”. Esta ação decorreu de outubro de 2015 a junho de 2016, com a duração de um total de 26 horas de sessões presenciais com todos os professores, distribuídas por vários *workshops*, com a duração de 2 a 4 horas cada. Os *workshops* incluíram temas tais como matemática, astronomia, eletricidade ou som, entre outros. Ainda com a experiência piloto em curso, a Diretora do Centro de Formação e a Diretora do Agrupamento de Escolas (que também pertence à direção do Centro de Formação) fizeram um convite para divulgar esta experiência no Seminário Regional da Educação destinado a toda a comunidade. Neste seminário, foi feita a divulgação da experiência piloto e, na sequência do mesmo, mais dois diretores de dois agrupamentos de escolas pediram para também integrar o projeto no ano letivo seguinte.

Com base na reflexão realizada no final do 1.º ciclo de TDR, entendeu-se propor uma segunda ação de formação para o ano letivo 2016/2017, desta vez na modalidade de oficina de formação. Esta oficina inclui um total de 26 horas, sendo 13 horas de sessões presenciais com todos os professores e outras 13 horas de trabalho autónomo dos professores. Com o título “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico”, esta oficina procurou incorporar ainda mais o carácter interdisciplinar da formação e, também, incentivar os professores a criarem as suas próprias tarefas para implementarem com os respetivos alunos. Neste 2.º ciclo de TDR participaram 38 professores distribuídos por duas turmas.

Após se realizar a reflexão sobre o 2.º ciclo de TDR, considerou-se que o modelo proposto era adequado e, por este motivo, optou-se por mantê-lo no 3.º ciclo de TDR (ano letivo 2017/2018). Neste 3.º ciclo, apenas foram reforçados os aspetos que se entendeu que contribuíam para a eficácia deste modelo de desenvolvimento profissional. Assim, o último ciclo de TDR consistiu essencialmente em consolidar e validar as estratégias que se considerou que contribuíam para a eficácia do desenvolvimento profissional dos professores envolvidos. Neste terceiro ciclo optou-se por estender o programa de desenvolvimento profissional aos professores dos segundos e terceiros ciclos do ensino básico. No entanto, como esses dados apenas dizem respeito a um ano letivo não foram considerados neste estudo. Neste ano letivo, participaram 20 professores do 1.º CEB e 18 professores do 2.º e 3.º ciclos do Ensino Básico.

A participação dos professores, em cada um dos três ciclos de TDR, foi voluntária, apesar de em alguns casos poder ser incentivada pelo Diretor do Agrupamento de Escolas em causa.

### 3.5 Recolha de dados

Os dados foram recolhidos durante três anos letivos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, os quais consistiram em três ciclos de TDR, respetivamente. A recolha de dados resultou da aplicação dos seguintes instrumentos: questionários, testes diagnóstico, observação participante, entrevistas semiestruturadas, reflexões individuais e os portefólios escritos pelos professores no âmbito da sua participação no PDP (Cohen, Lawrence & Keith, 2007; Creswell, 2012).

O inquérito por questionário permite recolher informações não diretamente observáveis como por exemplo idade, formação, habilitação, motivação, experiência de ensino, etc (Quivy & Campenhoudt, 1998). Neste sentido, na primeira sessão de formação presencial com os professores, de cada ciclo de TDR, foi aplicado um questionário escrito para caracterizar os professores, as suas motivações para o curso, conhecimentos sobre os temas abordados e o tipo de atividades práticas que desenvolviam habitualmente com os seus alunos (Anexo E).

Uma das técnicas de recolha de dados utilizada consistiu na observação participante, uma vez que a investigadora esteve presente em todos os *workshops* destinados aos professores e, também, nas visitas às salas de aula dos mesmos para realizar diversas atividades práticas. Todos os dados recolhidos foram transcritos para posterior análise de conteúdo. Além da observação participante, também se recorreu a outras técnicas, entre as quais entrevistas semiestruturadas, informais e grupo focal (Cohen, 2007; Morgan, 1997; Williams & Katz, 2001). Segundo Creswell (2012):

Uma entrevista qualitativa ocorre quando os investigadores perguntam a um ou mais participantes questões gerais, abertas e fechadas e registam as respetivas respostas. De seguida, o investigador transcreve a informação para um ficheiro para análise posterior. (p. 217)

As sessões de grupo focal decorreram predominantemente durante os *workshops* dinamizados pela investigadora. O último *workshop* de cada ciclo de TDR consistiu essencialmente numa reflexão de grupo, onde se pretendeu discutir sobre a adequação das ações de formação e das tarefas realizadas, com o objetivo de compreender os pontos de vista dos participantes e fazer novas propostas consideradas mais adequadas e eficientes para os ciclos de TDR seguintes. O grupo focal é um método de recolha de dados adequado a este estudo, uma vez que os participantes têm características semelhantes e estão reunidos com um objetivo comum. A moderadora do grupo focal foi a investigadora, apresentando um alto nível de envolvimento na investigação, o que permite uma pesquisa mais aprofundada (Morgan, 1997). Houve a preocupação de proporcionar um ambiente informal (Krueger, & Casey, 2000), onde se pretendeu partilhar ideias, experiências, práticas pedagógicas, entre outros aspetos. Sempre que necessário foram realizadas entrevistas individuais para aferir uma ou outra particularidade ou esclarecer alguma dúvida que tenha surgido no decorrer do trabalho investigativo.



Outra fonte importante de recolha de dados foram os portefólios apresentados pelos formandos no final de cada ciclo de formação. Estes contêm uma reflexão crítica sobre a experiência realizada, assim como as propostas e as evidências das tarefas práticas que os professores implementaram, com os respetivos alunos.

### 3.6 Participantes

Os participantes no estudo que aqui se apresenta são professores do 1.º CEB, inscritos em pelo menos um dos três ciclos de TDR que decorreram durante três anos letivos completos. Para preservar o anonimato dos professores, todos os nomes aqui expostos são fictícios. Numa primeira fase, consideraram-se os dados de vários professores que participaram no programa de formação para realizar a pré-análise prevista nas três fases da análise de conteúdo (Bardin, 1997, p. 95), de forma a organizar os dados para sistematizar as ideias iniciais. Numa segunda fase foram selecionados alguns destes professores para ilustrar as suas perceções sobre o contexto formativo e a forma como estes desenvolveram as atividades práticas relacionadas com as STEM, em aula, com os respetivos alunos.

No ano letivo 2015/2016 (1.º ciclo de TDR) participaram no programa de formação 14 professores do sexo feminino, de cinco escolas do 1.º CEB, com idades compreendidas entre 42 e 58 anos e mais de 20 anos de experiência de ensino. No ano letivo 2016/2017 participaram 37 professores do sexo feminino e um do sexo masculino, de catorze escolas do 1.º CEB, com idades compreendidas entre 35 e 61 anos e mais de 10 anos de experiência. No ano letivo 2017/2018 inscreveram-se 20 professores do 1.º CEB e 18 professores do 2.º e 3.º CEB.

Neste estudo, foram selecionados apenas professores do 1.º CEB, uma vez que os professores do 2.º e do 3.º CEB só participaram no último ano letivo da experiência. Em particular, destacam-se estudos de caso de alguns professores que criaram e implementaram atividades práticas interdisciplinares *hands-on*, em aula, com os respetivos alunos.

#### 3.6.1 Estudos de caso

Dos vários professores que participaram no PDP, selecionaram-se alguns para mostrar como estes desenvolveram as suas práticas, no âmbito da sua participação no programa de desenvolvimento profissional (Tabela 3.1). A escolha destes professores foi feita com base numa amostra por conveniência, procurando-se que os temas apresentados fossem diversificados, de forma a ilustrar como trabalhar diferentes tópicos dos conteúdos curriculares do 1.º CEB. A matemática está presente em praticamente todas as tarefas trabalhadas pelos professores. Quanto aos tópicos de ciências, destaca-se a astronomia, o som e a eletricidade. As tecnologias também são ferramentas que contribuem para desenvolver tarefas em aula e para promover a aprendizagem dos alunos.

Tabela 3.1: Caracterização dos professores participantes nos estudos de caso.

Professores	Idade	Anos de Serviço	Turma*	Ciclo de TDR
Luisa	56	37	3.º ano (25 alunos)	2015/2016
Mariana	52	30	3.º + 4.º ano (16 alunos)	2015/2016 e 2016/2017
Manuela	50	28	3.º ano (20 alunos)	2016/2017 e 2017/2018
Marina	48	27	2.º ano (16 alunos)	2016/2017 e 2017/2018
Josefina	42	18	3.º + 4.º ano (12 alunos)	2016/2017

\* A turma e o número de alunos indicados, dizem respeito ao 1.º ciclo em que as professoras participaram.

Nos *workshops*, relativos às sessões presenciais com os professores, foram trabalhados tópicos relacionados com Matemática, Ciências e Tecnologia. Nestes *workshops*, para além da introdução da teoria sobre cada um dos temas apresentados, os professores tiveram oportunidade de realizar diversas atividades práticas *hands-on*, relacionadas com os tópicos abordados, com o apoio dos formadores.

De seguida, passa-se à apresentação dos professores cujos estudos de caso vão ser introduzidos. Os professores, abaixo caracterizados, foram selecionados de forma a exemplificar as diferentes formas como desenvolveram o trabalho em aula com os seus alunos. As entrevistas aos professores decorreram nas visitas às suas aulas e também nos *workshops* das sessões presenciais com os outros professores. Todos têm em comum o facto de terem apresentado os respetivos trabalhos aos colegas no *workshop* destinado à partilha de boas práticas. Nesta investigação, entende-se por partilha de boas práticas, a apresentação aos colegas, dos trabalhos que os formandos desenvolveram com os respetivos alunos, no âmbito do PDP e que correspondem aos objetivos do mesmo.

#### *A professora Luisa*

A professora Luísa participou no primeiro ciclo de TDR que decorreu no ano letivo 2015/2016. 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 e com idades compreendidas entre os 8 e 9 anos. Desde o início que esta professora mostrou muito empenho na formação, mas ao mesmo tempo também manifestou insegurança no que diz respeito à realização de atividades práticas *hands-on* de ciências. Foi por este motivo que foi uma das primeiras professoras a receber a visita dos formadores na sua sala de aulas, para realizar atividades relacionadas com a eletricidade com os seus alunos. Neste estudo evidencia-se o trabalho desenvolvido no ano letivo 2015/2016 e no início do ano letivo seguinte (2016/2017). Em ambos os casos, a professora desenhou e implementou tarefas essencialmente de matemática centradas no trabalho dos alunos.

### *A 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. Esta professora participou na formação que decorreu no 1.º e no 2.º ciclo de TDR. A turma da Mariana recebeu os formandos para realizar atividades práticas relacionadas com o Som. No seu trabalho final desenvolveu tarefas relacionadas com o som e com a eletricidade.

### *A professora Manuela*

A professora Manuela participou no programa de desenvolvimento profissional nos anos letivos 2016/2017 (50 anos de idade, 28 anos de serviço, titular de uma turma com 20 alunos do 3.º ano de escolaridade) e 2017/2018 (titular da mesma turma com 20 alunos do 4.º ano de escolaridade). Logo no segundo relatório, apresentado no final de janeiro de 2017, as suas propostas de atividades práticas *hands-on* foram das que mais se destacaram, facto que levou a investigadora a pedir para acompanhar o seu trabalho, em aula, quer fazendo observações presenciais quer colaborando com o planeamento das aulas. A professora desenvolveu um total de 5 sessões, sendo as 3 primeiras mais centradas na astronomia e as 2 últimas dedicadas à matemática a partir da astronomia. Os dados recolhidos, relativos a estas sessões, decorreram da observação participante com notas de campo, fotografias das atividades e do portefólio apresentado pela professora. No final de cada uma das sessões, que decorreram até maio de 2017, foram realizadas entrevistas semiestruturadas a fim de aprofundar a recolha de dados.

### *A professora Marina*

A professora Marina participou no programa de desenvolvimento profissional nos anos letivos 2016/2017 (48 anos de idade, 27 anos de serviço, turma do 2.º ano do 1.º CEB, com 16 alunos) e 2017/2018 (com a mesma turma, agora no 3.º ano do 1.º CEB, com 18 alunos, uma vez que entraram dois alunos novos). A professora implementou tarefas relacionadas com o som, enquadradas no domínio “Conhecimento do Meio Natural e Social”, constante da área curricular de Estudo do Meio.

Em conjunto com os restantes professores, Marina frequentou o *workshop* dedicado ao som a 15/02/2017, onde teve oportunidade de trabalhar conteúdos relacionados com esta temática e praticar diversas experiências *hands-on*. A condução deste *workshop* esteve a cargo de professores especializados na área da engenharia eletrotécnica que criaram protótipos para reproduzir o som, bem como para medir a intensidade e frequência do mesmo. Também foram usados recursos tecnológicos como por exemplo vídeos, ou *software* gratuito como é o caso do *Sound Meter* que permite medir a intensidade do som em decibéis. Esta aplicação encontra-se na *Play Store* que pode ser acedida a partir de telemóveis ou *tablets*.

A professora Marina apreciou muito o trabalho experimental desenvolvido em aula e continua a pedir a colaboração dos formadores para inovar as suas práticas. Por exemplo, no ano letivo 2018/2019 escolheu trabalhar a astronomia e a eletricidade.

#### *A professora Josefina*

A professora Josefina (42 anos de idade, 18 anos de serviço, turma com 12 alunos do 3.º e 4.º ano) participou no programa de desenvolvimento profissional no ano letivo 2016/2017 e escolheu implementar tarefas relacionadas com a eletricidade, com o acompanhamento e apoio dos formadores. Das várias sessões realizadas pela professora são evidenciadas aquelas em que a professora dinamizou tarefas interdisciplinares. Apesar de não se inscrever no programa no ano letivo seguinte a professora continuou a solicitar a colaboração dos formadores para a ajudar a desenvolver atividades com os seus alunos. Por exemplo no ano letivo 2018/2019 a professora pediu ajuda para implementar atividades relacionadas com a astronomia e com o som, pretendendo desenvolver o trabalho que viu as outras colegas realizar na formação que frequentou.

### **3.7 Questões éticas e validação do estudo**

Neste trabalho, foram observadas várias questões éticas tais como a preservação do anonimato dos participantes, assim como das escolas envolvidas. Apesar de não ser revelada a identidade dos participantes foi solicitada a sua autorização para divulgar e publicar os resultados que envolviam a sua participação, nomeadamente os trabalhos desenvolvidos em aula que foram apresentados nos respetivos portefólios.

Quanto à validação do estudo, houve a preocupação de recorrer a múltiplas fontes de recolha de dados desde questionários, observação participante, entrevistas, recolha documental, a fim de cruzar a informação proveniente das várias fontes, obtendo assim um estudo mais fiável (Merriam, 1998). Além disso, todos os dados recolhidos pela investigadora foram discutidos com alguns dos formadores do PDP, os quais também tiveram acesso aos portefólios entregues pelos formandos assim como às notas de campo da investigadora, o que permitiu triangular os vários dados obtidos com o objetivo de validar a investigação realizada.

## 4 O estudo empírico: programa de desenvolvimento profissional de professores e avaliação dos *workshops*

Nesta secção, começa-se por apresentar o contexto onde se insere este estudo, o qual inclui o panorama português e o projeto mais amplo, que envolve ações de formação acreditadas na área da Matemática, Ciências e Tecnologia. De seguida, são referidos os temas abordados no programa de formação e, finalmente, a forma como foram conduzidos os *workshops* das sessões presenciais com os professores, assim como a avaliação dos professores sobre os mesmos.

### 4.1 O Programa de Desenvolvimento Profissional de professores

Em Portugal, cabe ao ensino superior (universitário e politécnico) dar formação inicial, ao nível das licenciaturas e mestrados, de modo a habilitar para a docência os professores do ensino básico e secundário. Os professores em exercício têm uma carreira que dura em média 35 a 40 anos, o que faz com que a formação, inicialmente recebida, tenha que ser atualizada ao longo deste período de tempo. Este é um dos motivos por que a formação contínua de professores é obrigatória em vários países, como é o caso de Portugal (OECD, 2014).

No nosso País, compete ao Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua proceder à acreditação das ações de formação contínua de professores e acompanhar o seu processo de avaliação (<http://www.ccpfc.uminho.pt/>). Os professores são livres de escolher entre as várias formações disponibilizadas pelos Centros de Formação, apesar de em alguns casos poderem ser incentivados pelos Diretores de Agrupamento de escolas.

Para criar um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP), que correspondesse às necessidades da região onde o estudo decorreu, foram realizadas várias reuniões com investigadores (professores do ensino superior), a Diretora de um Centro de Formação local e diretores de agrupamentos de escolas. Algumas escolas estavam diagnosticadas por terem um fraco desenvolvimento de atividades práticas de ciências (relatório de Inspeção Geral da Educação e Ciência), o que não correspondia ao recomendado nos programas curriculares. Face

a este cenário, decidiu-se criar um PDP que fosse adequado às necessidades dos professores desta região.

Como as recomendações para promover a interdisciplinaridade, nomeadamente para integrar as STEM, têm vindo a aumentar, quer a nível nacional quer internacional, decidiu-se que o foco do programa seria “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental”. Os diretores de agrupamento de escolas podem divulgar e recomendar a participação dos professores neste programa, mas a decisão final sobre a escolha ou não do programa é sempre do professor, sendo a sua inscrição no mesmo voluntária.

Foram, assim, criados dois cursos de formação, destinados aos professores do ensino básico, os quais foram propostos ao Conselho Científico Pedagógico da Formação Contínua. Os cursos são constituídos por um total de 26 horas anuais (setembro a junho), distribuídas por vários *workshops*, com a duração de 2 a 4 horas cada, que incluem temas tais como astronomia, eletricidade ou som, entre outros (Tabela 4.1 e Tabela 4.2).

Tabela 4.1: Tópicos da formação “Matemática e Ciências: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2015/2016.

<b>Workshops</b>	<b>Participantes</b>	<b>Duração</b>	<b>Data</b>
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

\*[www.mathematicsinthemaking.eu](http://www.mathematicsinthemaking.eu)

Tabela 4.2: Oficina de formação “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2016/2017.

<b>Workshops</b>	<b>Participantes</b>	<b>Duração</b>	<b>Data</b>
STEM para todos: fazer contas sobre a natureza	38	3h	18/01/2017
Tecnologias no Ensino das Ciências e Matemática	38	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 dados da Tabela 4.2 dizem respeito ao ano letivo 2016/2017, no qual se inscreveram 38 professores distribuídos por duas turmas. Neste ano letivo, o tópico de ciências abordado nos dois primeiros *workshops* foi a astronomia. No ano letivo 2017/2018 foi mantido o formato de oficina do ano letivo anterior (Tabela 4.2) e inscreveram-se 20 professores do 1.º CEB. Para além da

astronomia, som e eletricidade, neste ano letivo também foram introduzidos temas relacionados com química, biologia e geografia.

Os *workshops* foram dinamizados por professores do ensino superior (universitário e politécnico) e investigadores nas áreas da matemática, física, química, biologia, engenharia informática, engenharia eletrotécnica e de computadores, e tecnologias da informação e comunicação. As sessões de formação foram conduzidas num ambiente colaborativo onde os professores têm oportunidade de experimentar e treinar as diversas tarefas destinadas a serem implementadas em aula, tal como recomendado na literatura (Afonso et al., 2005; Ball, 2003; Darling-Hammond et al., 2017). Além disso, os professores foram encorajados a desenvolver a sua autonomia, de forma a criar e a implementar as suas próprias tarefas. Os professores também são incentivados a promover a interdisciplinaridade e a usar as estratégias de ensino recomendadas para a eficácia das abordagens propostas. No decorrer deste programa de desenvolvimento profissional, os professores escolheram pelo menos um dos tópicos de ciências trabalhados na formação para implementar em aula com os respetivos alunos. Por exemplo, puderam optar pela astronomia, som ou eletricidade para desenvolver tarefas *hands-on* interdisciplinares e as implementar recorrendo ao questionamento investigativo.

Neste programa de formação, os professores são apoiados pelos formadores no decorrer do seu desenvolvimento profissional, nomeadamente no trabalho que pretendem desenvolver em aula com os respetivos alunos. Para além das sessões presenciais com todos os participantes, este apoio estende-se à sala de aula dos professores, quer para exemplificar a implementação de atividades práticas *hands-on*, quer para apoiar os professores enquanto estes implementam as tarefas que foram criadas e desenvolvidas pelos mesmos.

No final do PDP, os professores apresentam um portefólio com uma reflexão crítica sobre a formação em que participaram, as propostas de tarefas que pretendem implementar, bem como as evidências das atividades práticas desenvolvidas, em aula, com os respetivos alunos. Além disso, após cada um dos *workshops* em que participaram, no âmbito do programa, os professores apresentam relatórios críticos e propostas de tarefas, de acordo com os temas abordados nos mesmos.

Até ao ano letivo 2017/2018 participaram neste programa de desenvolvimento profissional cerca de 90 professores que se inscreveram, voluntariamente, alegando ter interesse em aprender sobre as ciências. Nalguns casos, os professores referiram que o seu agrupamento de escolas tinha sido referenciado por revelar pouca realização de atividades práticas de ciências e que era necessário alterar este cenário.

## 4.2 Os temas abordados no âmbito do projeto mais amplo

As atividades *hands-on* trabalhadas nos *workshops* foram selecionadas e adaptadas a partir de experiências laboratoriais, criadas e realizadas por professores do ensino superior, no âmbito das atividades da Academia da Ciência, Arte e Património (Costa & Domingos, 2018a; Costa & Loureiro, 2016). Com a experiência adquirida ao longo dos anos e com a colaboração de professores titulares do 1.º CEB, estas experiências têm vindo a ser adaptadas aos conteúdos curriculares deste nível de ensino, de forma a poderem ser implementadas em sala de aula. Alguns dos temas das atividades práticas trabalhadas com os professores nas sessões presenciais e, também, em sala de aula com os alunos dos formandos encontram-se na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Temas das atividades práticas realizadas com os professores e nas visitas às escolas.

<b>Títulos das atividades práticas</b>
Circuitos elétricos – “Vamos dar luz aos números”
Astronomia
Modelação do Sistema Solar
Viagem pelo Sistema Solar: uma experiência de Realidade Aumentada
Descobrir os Mistérios do Som
Robótica: introdução à programação
A Química no Mundo que nos rodeia
Magnetismo: ímanes e bússolas
Experiências com ar e água
À descoberta da floresta
Dinossauros e outros fósseis
Explorar a luz
A Geografia dos mapas
Os sismos e vulcões da Terra
Mãos na micro-eletricidade
Fazer contas com a natureza
Biólogo por um dia: Insetos da casa e do jardim
Biólogo por um dia: Descobre o solo mais fértil

As atividades práticas, cujos temas se encontram na tabela acima, têm vindo a ser alargadas, adaptadas e melhoradas de acordo com a experiência no terreno, tendo em conta as reações dos alunos às mesmas e as necessidades e opiniões dos professores envolvidos. Numa primeira fase, estas atividades são implementadas no âmbito das férias escolares das crianças no campus do Politécnico. Posteriormente são levadas às escolas a fim de aferir o seu impacto num ambiente de



aprendizagem formal em sala de aula. Só depois de se verificar que as mesmas são adequadas para serem implementadas no 1.º CEB é que passam a ser trabalhadas no âmbito do programa de desenvolvimento profissional de professores. Desta forma, as visitas às escolas para realizar atividades práticas, em aula, são cruciais para aferir as perceções dos alunos e dos respetivos professores sobre os temas abordados. De facto, a contribuição das intervenções em sala de aula é decisiva para a criação e desenvolvimento das atividades a trabalhar com os professores (Costa & Domingos, 2018a).

Para entender as ideias das crianças, Harlen e Qualter (2004) sugerem que se deve pedir-lhes para fazerem desenhos sobre o tema a desenvolver. A partir dos exemplos das suas ideias descobre-se qual é o seu raciocínio e o que faz sentido para elas. Por este motivo, nas visitas às escolas, é dado a cada aluno um caderno de Matemática, Ciências e Tecnologia, criado para o efeito, assim como alguns protocolos das atividades práticas a implementar em aula (Figura 4.1 e Figura 4.2).



Figura 4.1: Caderno de registos.

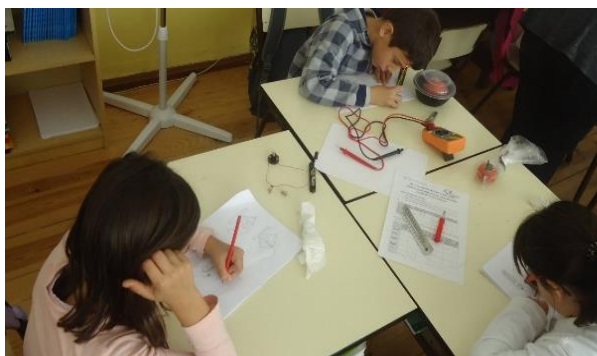


Figura 4.2: Alunos a registarem os dados observados durante a realização das tarefas.

Neste caderno e nos protocolos, os alunos fazem desenhos das atividades desenvolvidas, acompanhados dos respetivos registos. A análise deste caderno é útil para entender a perceção dos alunos, relativamente às atividades realizadas. Estas ideias são relevantes para perceber melhor onde há necessidade de intervir, ajudando a melhorar a metodologia a implementar com os professores. Apesar de o foco deste estudo não ser a aprendizagem das crianças é essencial não esquecer que elas são o público final de qualquer intervenção pedagógica e, deste ponto de vista, os professores devem ser munidos de competências e de estratégias de ensino que promovam a sua aprendizagem.

### 4.3 Os tópicos curriculares de Ciências no 1.º CEB

Os temas abordados nos *workshops* estão relacionados com Matemática, Ciências e Tecnologia. Quanto aos tópicos de ciências, que vão ser abordados neste estudo, destaca-se a astronomia, o som e a eletricidade. No 1.º CEB, a eletricidade, a astronomia e o som estão

integrados na área curricular de Estudo do Meio, a qual dispõe de cerca de três horas semanais (ME, 2007). Nesta área curricular, o som está enquadrado no domínio “Conhecimento do Meio Natural e Social”, a eletricidade no domínio “Dinamismo das Inter-relações Natural-Social” e alguns temas da astronomia no domínio “À descoberta do ambiente natural”. O Património que integra as STEAMH também é abordado na área curricular de Estudo do Meio. Por exemplo, no domínio “Conhecimento do Meio Natural e Social”, subdomínio “Compreensão Histórica Contextualizada” é referido: “Identifica e valoriza o património histórico – local, nacional, europeu, mundial – analisando vestígios materiais do passado (edifícios, pontes, moinhos e estátuas), costumes, tradições, símbolos e efemérides” (ME, 2007, p. 8).

De seguida, descrevem-se alguns dos temas que foram abordados nos *workshops* das sessões presenciais com os professores. Posteriormente será discutida a forma como os professores os desenvolveram em aula.

#### 4.3.1 A astronomia no ensino básico

Os temas relacionados com a astronomia são dos que mais curiosidade e interesse despertam nas crianças de ambos os géneros, ao nível do ensino básico (Lavonen, Byman, Juuti, Meisalo, & Uitto, 2005). Tópicos como os Astros, nomeadamente o Sistema Solar, são trabalhados desde o 1.º ao 4.º ano, do 1.º CEB. Uma das aplicações à matemática tem a ver com o tópico “Números e Operações – Números Naturais” onde é possível trabalhar números na ordem dos milhões, usando como exemplo a distância dos planetas ao Sol. Para representar o Sistema Solar já é necessário falar em escalas de conversão para “transformar” números “grandes” em números “pequenos” de forma que seja possível “representar” os tamanhos dos planetas e as respetivas órbitas e assim ficar com uma ideia das distâncias dos planetas ao Sol, respetivos diâmetros (à escala), entre outros. No tema “Geometria e Medida - localização e orientação no espaço”, bem como noutros temas, são inúmeras as aplicações possíveis.

São várias as referências sobre a importância do ensino da astronomia com rigor científico nos primeiros anos de escolaridade (Trumper, 2003), bem como relativamente às conceções de alunos e professores sobre este tema (Kalkan & Kiroglu, 2007). A astronomia, para além de oferecer inúmeros recursos para compreender temas como o nosso planeta, estrelas e universo, tem uma grande potencialidade para integrar a matemática (Fleisch & Kregenow, 2013). Keeley e Sneider (2012) salientam a importância de apoiar os professores, de modo a que estes consigam ajudar os respetivos alunos a compreender melhor a astronomia, tornando o seu ensino mais eficiente. A estratégia por eles delineada tem a ver com a capacidade de o professor identificar onde se encontra o aluno e conduzi-lo no sentido de promover a aprendizagem significativa. Este aspeto também é valorizado pelo formador na área da astronomia que dinamiza os *workshops* recorrendo às estratégias de ensino recomendadas tais como o questionamento investigativo.

### *O método do formador na área da astronomia*

O método usado pelo formador de astronomia na condução dos *workshops*, consiste em colocar questões que levam o formando a investigar, procurando respostas para as mesmas. Ao mesmo tempo, procura usar exemplos que ajudem os formandos a estabelecer conexões que lhes permitam desenvolver os seus conhecimentos, a partir do que lhes é familiar, promovendo assim contextos favoráveis à concretização de uma aprendizagem significativa. Um exemplo deste método encontra-se no seguinte extrato de um diálogo entre o formador e os formandos (*workshop* de 18/01/2017):

Formador [segurando o globo terrestre]: Do equador ao polo vão 10 000 km. E daqui até aqui? [Pergunta sinalizando os dois polos].

Formando: São 20 000 km.

Formador: E a volta à Terra?

Formando: São 40000 km.

Formador: Muito bem! Agora já faz sentido. A propósito, km escreve-se com k minúsculo. É frequente encontrar erros com K maiúsculo [mostra folheto de promoções de um conhecido hipermercado]. O símbolo k minúsculo significa 1000 ...

O formador preocupa-se, também, em mostrar as potencialidades da Internet, nomeadamente o recurso à Wikipédia. Nesta fase, coloca questões e, ao mesmo tempo, procura as respostas, mostrando esta pesquisa através de um videoprojector.

Formador: Qual é o raio da Terra? Vejamos ... 6400 km. E o seu diâmetro? Vamos usar 13 000 km! E o diâmetro da lua? Qual é a distância da Lua à Terra? No Perigeu 360 000 km e no Apogeu 400 000 km. 400 000 km é um número “jeitoso”. Tomem nota destas medidas.

Com os dados recolhidos, palitos e plasticina, propôs uma atividade:

Formador: Representem a Lua e a Terra respeitando a escala que escolherem.

Depois de cumprida esta primeira tarefa solicitou:

Formador: Coloquem a Lua à distância correta da Terra, de acordo com a escala.

A título exemplificativo, o formador fez um modelo em que a Terra tinha 2 cm de diâmetro, enquanto os professores construía os seus modelos. No final mostrou-o aos formandos, enquanto os mesmos comparavam entre si os modelos que tinham construído.

Formador: Como descobriu a escala? [perguntou a uma das formandas]

Formanda: Com a regra de 3 simples.

Formador: Grande descoberta! O raciocínio proporcional é um dos conceitos matemáticos mais importantes. Rácio quer dizer dividir ...

O diálogo entre o formador e os formandos ilustra a forma como os *workshops* foram conduzidos, nomeadamente a estratégia de ensino que foi usada para introduzir os tópicos a abordar. Além disso, reflete algumas das tarefas *hands-on* que foram trabalhadas com professores a título exemplificativo do que pode ser realizado com os alunos.

No segundo *workshop* (25/01/2017), para além dos recursos habituais, o formador usou o *software Solar Walk* mantendo o mesmo tipo de abordagem. No final de cada sessão, foi solicitado a cada formando que elaborasse um relatório crítico que também incluísse propostas de atividades práticas *hands-on*, para implementar em aula, nomeadamente com aplicações à matemática.

#### 4.3.2 O som no ensino básico

O som integra a área curricular de Estudo do Meio, do 1.º CEB. Os vários manuais escolares apresentam propostas de tarefas que vão desde construir telefones, altifalantes, investigar como o som se propaga, entre outras. Apesar disso, são muitos os professores que não as executam, quer por falta de confiança para as realizar, falta de materiais, ou porque acham que essas atividades tiram tempo a outras áreas curriculares consideradas mais “importantes”, tais como a Matemática ou Português (relatos tirados das entrevistas, reflexões escritas e grupo focal).

O som começou por ser trabalhado, no âmbito do projeto mais amplo, com os participantes nas férias escolares e nas visitas às escolas, para testar a sua aceitação, relativamente às atividades propostas. As experiências com os alunos nas escolas são importantes para os professores em formação, mas também são importantes para os formadores, porque o feedback dos alunos também os ajuda a preparar melhor a formação dos professores, no sentido de adequar às necessidades dos mesmos, para uma maior eficácia da intervenção nas escolas.

As várias experiências realizadas nas escolas consistiram em (Ferreira et al., 2017):

1. Colocar um altifalante a vibrar: produção de ondas;
2. Identificar o limite superior da gama de frequências que cada aluno ouve;
3. Sentir/ouvir ondas estacionárias na sala;
4. Medir a intensidade e a frequência do som;
5. Ver a onda a propagar-se numa mola;
6. “Fazer a onda” como nos estádios;
7. Calcular a distância a que ocorre uma descarga atmosférica com base no atraso entre luz e som;
8. Experiência “O som do teu corpo”, quer individual, quer em cadeia de mãos dadas;
9. Gravação áudio dos nomes dos alunos no PC e visualização gráfica da forma de onda;
10. Altifalante artesanal: sentir a vibração de acordo com a música.

Ferreira et al. (2017) apresentam um trabalho baseado num paradigma socioconstrutivista, onde integram o som com as tecnologias, e concluem que esta abordagem promove o interesse das crianças e dos jovens pelas STEM. Ainda neste estudo, recomendam que esta abordagem seja implementada num contexto de formação profissional, com professores do ensino básico, onde deverá ser promovida a interdisciplinaridade. Neste sentido, o som passou a ser trabalhado com os professores, no contexto formativo acima descrito (Tabelas 4.1 e 4.2). Nas ações de formação, destinadas aos professores, o tópico do som é introduzido de forma teórico prática, sendo realizadas diversas atividades práticas *hands-on*, relacionadas com este tema, recorrendo a diversos equipamentos. Alguns destes equipamentos são protótipos, desenvolvidos pelos formadores (professores na área da engenharia eletrotécnica e de computadores), sendo alguns deles produzidos no âmbito de projetos finais de curso, em colaboração com alunos finalistas, quer de licenciatura, quer de mestrado da instituição onde lecionam.

Alguns exemplos de protótipos são os instrumentos criados para medir o som do corpo, “visualizar” a voz, indicar a intensidade do som em aula através de luzes (verde para aceitável; amarela: quase a passar a barreira; vermelho: excesso de ruído), entre outros (Ferreira et al., 2017). Os protótipos são criados de forma a serem facilmente recriados e/ou usados pelos professores de forma autónoma. Este trabalho é feito em parceria com os professores em formação de forma a aperfeiçoar e validar os protótipos. Em alguns casos os professores pedem aos formadores que desenvolvam alguns protótipos que lhes parecem adequados para usar com os respetivos alunos. Muitos dos equipamentos, como é o caso do sonómetro e outros sensores, são caros, o que não facilita a sua introdução nas escolas. É por este motivo que se procura conciliar a formação com o *design* de protótipos que sejam acessíveis aos professores. Além disso, também são usados recursos computacionais, tais como *softwares* gratuitos que permitem medir a frequência e/ou intensidade do som, ou gerar/reproduzir áudio, bem como editar/visualizar a forma da onda do som.

Após o *workshop* sobre o som, destinado aos professores, os formadores deslocam-se à sala de aula dos mesmos, para realizarem atividades práticas *hands-on*, relacionadas com o tema abordado. Estas sessões decorrem recorrendo ao questionamento investigativo, inquirindo os alunos sobre os conceitos em estudo, valorizando as experiências e conhecimentos individuais dos mesmos, levando-os a realizar e visualizar experiências, de modo a que consigam refletir e discutir sobre os tópicos abordados.

Para aferir sobre os conhecimentos dos alunos sobre o som, foi realizado um teste diagnóstico que foi aplicado antes e depois da sessão destinada a este tema (Anexo D). Até à data o teste já foi aplicado a mais de uma centena de alunos, distribuídos por várias turmas, dos 3.º e 4.º anos, do 1.º CEB. A Figura 4.3 apresenta um exemplo de respostas, de um aluno, à questão n.º 2: “Faz um desenho sobre o que achas que é o som”.

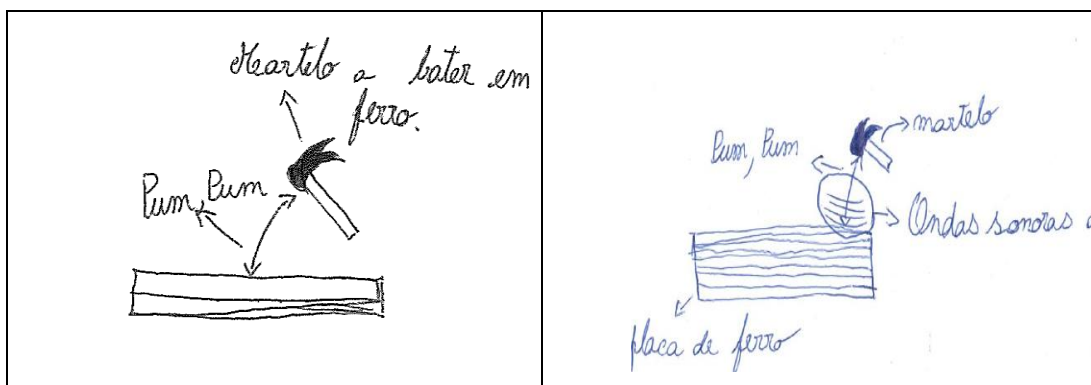


Figura 4.3: Resposta à questão n.º 2, antes e depois da sessão.

Nesta figura, é notório que o aluno associou o som ao ruído (assim como a maioria dos colegas) e aprendeu que o som é uma onda, tal como foi introduzido pelos formadores.

A Figura 4.4 apresenta outro exemplo, neste caso, das respostas de um aluno à questão n.º 5, relacionada com a velocidade do som.

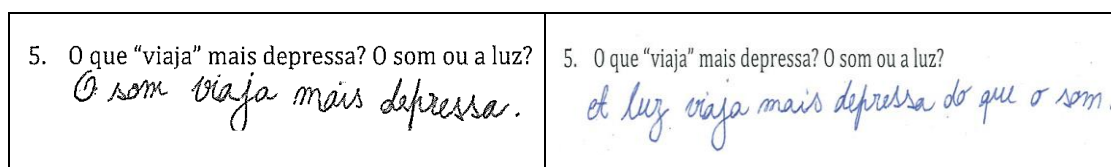


Figura 4.4: Resposta à questão n.º 5, antes e depois da sessão.

Foi com alguma surpresa que os formadores constatarem que praticamente 100% dos alunos acham que o som é mais rápido do que a luz. Depois de questionados sobre "porquê?" esta ideia, muitos respondem "ouve-se logo o barulho". Para os fazer compreender qual é a resposta correta, usa-se o exemplo da trovoadas, onde se faz a comparação entre a velocidade do som e a velocidade da luz que corresponde ao relâmpago. Os formadores mostraram vídeos de trovoadas, onde claramente se via a luz (o relâmpago) e só mais tarde se ouvia o som. Os mesmos vídeos foram aproveitados para calcular a distância a que estava a trovoadas, a partir do tempo que demorava a ouvir-se o trovão, depois de observado o relâmpago.

No final, todos os alunos responderam acertadamente a esta questão corrigindo a perceção inicial que não estava correta (Figura 4.4). Relativamente à questão sobre o que achavam que era o som, também se notou evolução nos desenhos dos alunos, após a sessão dinamizada pelos formadores, uma vez que os desenhos passaram a incluir a noção de o som é uma onda (Figura 4.3). Os exemplos anteriores são apenas alguns indicadores do trabalho desenvolvido com os alunos, uma vez que foram explorados muitos mais conceitos, relacionados com este tema, como se indica a seguir.

Após esta intervenção, é solicitado aos professores que criem e implementem as suas próprias atividades práticas de forma interdisciplinar, trabalhando em particular a matemática. Por exemplo, é sugerido que se façam medições do ruído através do *software Sound Meter*, ou que os alunos procurem ver nas suas casas o ruído produzido pelos seus eletrodomésticos, como a

máquina de lavar roupa ou o frigorífico. Depois de fazerem os registos, devem partilhar os resultados com a turma para fazerem a discussão e tratamento dos dados resultantes das medições recolhidas. Quando isto acontece, os professores fazem sugestões, como, por exemplo, construir gráficos de barras, diagrama de caule e folhas. No entanto, os professores nem sempre as concretizam, a não ser por insistência do formador, o que reforça a importância de haver acompanhamento e apoio aos professores, para estes inovarem as suas práticas.

Quanto às propostas dos professores para realizarem tarefas relacionadas com o som, as mais comuns são as seguintes: construção de um megafone, de um telefone de cordel, de um estetoscópio, xilofone colorido, exemplificação da propagação do som através de uma mola, produção do som por vibração, observar que o som faz vibrar areia ou açúcar, entre outros. Muitos professores construíram com os seus alunos o protótipo que permite visualizar a voz, que lhes foi apresentado na formação, utilizando para tal um guião que lhes foi anteriormente fornecido. Praticamente todos os professores que realizaram experiências *hands-on* registaram o grande entusiasmo e empenho das crianças no decorrer das atividades. Muitos relatórios dos professores, apresentam propostas de tarefas que incluem planos de aula e fichas de trabalho, criadas pelos próprios, para trabalharem com os alunos. Foram vários os que deram conta de como o trabalho foi desenvolvido com os alunos, através de fotografias que ilustram a realização das atividades e, ainda, com o trabalho feito pelos alunos, nomeadamente as respostas dos alunos às questões das fichas, criadas pelos professores sobre os temas trabalhados. Na secção 5.3, apresenta-se estudos de caso de professores que introduziram este tópico de forma interdisciplinar e/ou recorrendo ao questionamento investigativo.

### 4.3.3 A eletricidade no ensino básico

A “eletricidade” integra a área curricular de Estudo do Meio no Domínio “Dinamismo das Inter-relações Natural-Social” e Subdomínio “Viver Melhor na Terra” do 4.º ano de escolaridade (alunos com idades compreendidas entre os 9 e os 10 anos) do 1.º CEB. Os objetivos relacionados com o tópico da eletricidade têm a ver com “Realizar experiências simples com pilhas, lâmpadas, fios e outros materiais condutores e não condutores” e “Construir circuitos elétricos simples (alimentados por pilhas)” (ME, 2007).

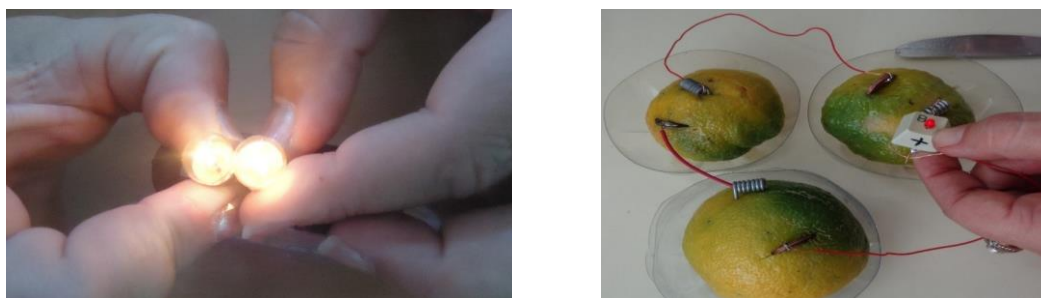


Figura 4.5: Acender lâmpada(s) com pilhas comerciais e pilhas biológicas

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

A eletricidade também começou por ser trabalhada nas férias escolares e nas visitas às escolas. Posteriormente passou a integrar o programa de formação em sessão presencial com os professores, onde estes tiveram oportunidade de realizar diversas atividades práticas *hands-on*, relacionadas com este tópico, com o objetivo de as exemplificar, de modo a que os professores as consigam implementar em aula com os seus alunos (Figura 4.5).

De acordo com Harlen e Qualter (2004) que recomendam usar os desenhos das crianças para desenvolver as suas ideias de modo a torná-las mais científicas, também foi pedido aos professores para fazerem desenhos sobre as tarefas que estavam a realizar (Figura 4.6). Esta solicitação tem a ver com a importância de colocar os professores a fazerem o que se espera que venham a desenvolver em aula, tal como recomendado por vários autores (e.g., Afonso et al., 2005; Borko et al., 2010; Darling-Hammond et al., 2017).



Figura 4.6: Desenhos dos professores (como acender uma ou duas lâmpadas com uma pilha)

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

As tarefas de eletricidade, propostas na formação, foram adaptadas de um livro de Ciências Físicas e Naturais, destinado ao ensino básico (Caldeira, Valadares, Neves, Vicente, & Teodoro, 2004), de modo a serem adequadas ao 1.º CEB e a serem implementadas com a abordagem do questionamento investigativo. Foi esta a abordagem usada nos *workshops* constantes do programa de formação e os professores foram incentivados a criar e a implementar as suas próprias atividades práticas aplicando esta estratégia de ensino.

Alguns conceitos e definições que se apresentam de seguida tiveram como base o livro de Ciências Físicas e Naturais (Caldeira et al., 2004). A “tensão elétrica” é uma grandeza que também é designada por “diferença de potencial elétrico”. A sua unidade de medida é o volt, cujo símbolo é V. “A tensão elétrica entre dois pontos de um circuito mede a energia que é transportada, por unidade de carga, entre esses pontos do circuito” (Caldeira et al., 2004, p. 86). Para medir a diferença de potencial pode-se usar um voltímetro ou um multímetro. O multímetro é um aparelho que para além de medir a diferença de potencial permite medir outras grandezas como a intensidade da corrente ou a resistência, entre outras.

Algumas das tarefas propostas, na sessão de formação presencial, tiveram a ver com: acender uma ou duas lâmpadas com uma pilha comercial ou pilhas biológicas, construir circuitos com uma pilha comercial ou pilhas biológicas, medir a diferença de potencial aos terminais de pilhas comerciais ou biológicas com recurso a multímetros. Estas tarefas foram conduzidas pelos formadores como se espera que os professores as implementem em aula (Afonso et al., 2005), nomeadamente pedindo aos formandos para fazerem desenhos sobre as atividades realizadas



(Figura 4.6). A estratégia de ensino usada para implementar as tarefas foi o questionamento investigativo procurando exemplificar aos professores como esta deve ser usada.

## 4.4 Avaliação dos workshops pelos professores

No primeiro *workshop* do 1.º ciclo de TDR (experiência piloto) foi aplicado um questionário para aferir as percepções dos professores sobre o mesmo. Além disso, o formador de astronomia também aplicou um questionário sobre os dois *workshops* que dinamizou. Por fim, no âmbito das ações de formação acreditadas, os professores responderam a um questionário final de avaliação da ação que é aplicado pelo Centro de Formação.

### 4.4.1 Questionário aplicado na primeira sessão do 1.º ciclo de TDR

No primeiro *workshop*, que decorreu em outubro do ano letivo 2015/2016 (1.º ciclo de TDR), foi aplicado um questionário aos catorze professores que participaram no mesmo para aferir as suas percepções sobre os trabalhos realizados. Uma vez que esta foi a primeira sessão presencial com os professores, no âmbito de uma experiência piloto, houve a preocupação de perceber o impacto da mesma sobre os participantes. A Figura 4.7 dá um exemplo das respostas dadas por um dos professores que participou nessa mesma sessão. Como se pode observar, o professor manifestou interesse em participar em ações desta natureza e que gostaria do apoio da equipa de formadores para fazerem ações práticas na sua turma.

1) Está interessado em frequentar acções de formação desta natureza?

Sim: \_\_\_\_\_ (só se forem acreditadas)

Sim:  \_\_\_\_\_ (valem a pena, mesmo não sendo acreditadas)

Não: \_\_\_\_\_

2) Gostaria que houvesse apoio, por parte da equipa, para fazer acções experimentais com a sua turma?

Sim:  \_\_\_\_\_ Não: \_\_\_\_\_

Observações/Sugestões:

*Workshop excelente e muito enriquecedor, proporcionando-nos ver o mundo com os olhos da cabeça.*

Figura 4.7: Exemplo das respostas de um dos professores ao questionário.

Tal como no exemplo apresentado na Figura 4.7, a maioria dos professores manifestou interesse em participar em ações desta natureza, independentemente de serem acreditadas ou não. Apesar de as ações serem acreditadas pretendia-se saber se o interesse dos professores pelas mesmas se mantinha mesmo que estas não fossem acreditadas. Quanto à segunda questão, todos responderam que gostariam do apoio da equipa de formadores para realizarem ações práticas nas suas turmas.

No final do questionário havia a opção de os professores escreverem as observações ou sugestões que entendessem relativamente à sessão a que assistiram. A figura seguinte dá exemplos das respostas de alguns professores que participaram no *workshop* (Figura 4.8).

**Observações/Sugestões:**

O workshop foi bastante proveitoso.  
Gostei bastante da exposição e do trabalho prático.

"Provocatório" - Deitou por terra as "convenções"  
Gostei muito!!

Que grande problema! Agora "só sei que nada sei!"  
Gostei imenso!

Gostei! O Dr. Teodoro conseguiu despertar-me para fenómenos simples com muito interesse.

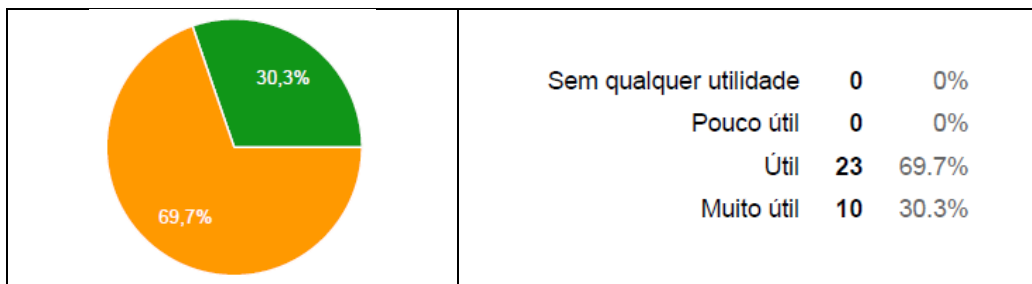
Figura 4.8: Observações dos professores.

Estas respostas ajudaram os formadores a entender que os professores gostavam deste tipo de intervenção e que apreciavam o apoio dos formadores para realizar atividades práticas com as respetivas turmas.

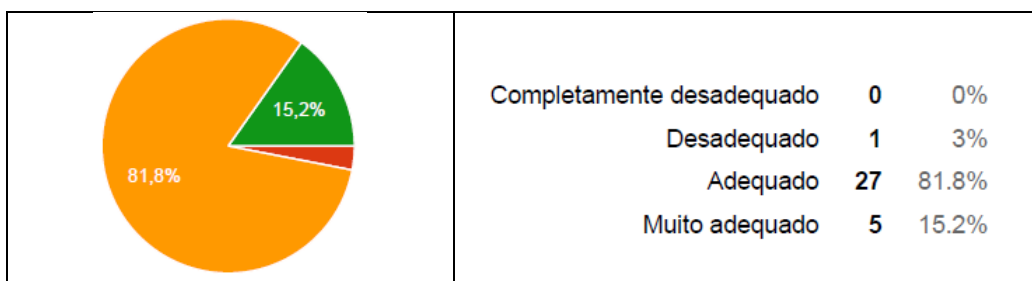
#### 4.4.2 *Workshops* de astronomia

Após a realização dos dois *workshops* que decorreram nos dias 18 e 25 de janeiro de 2017, o formador de astronomia realizou um questionário de avaliação sobre os mesmos aos professores, recorrendo aos formulários do Google. Um total de 33 professores respondeu ao questionário cujo resultado se apresenta de seguida.

1. Qual foi a utilidade do workshop tendo em conta a sua experiência e conhecimento sobre o assunto?



2. O nível de complexidade/dificuldade foi adequado?



3. (Resposta facultativa) Quais foram as coisas mais importantes que aprendeu no *workshop*?

Importancia da noção de perspetiva.  
 Ter cuidado com as imagens que apresetamos aos alunos.  
 Que estamos sempre a aprender  
 Aprendi que tenho muito que aprender  
 Aprende se sempre alguma coisa formas diferentes de ver as coisas....  
 Terei que ser cuidadosa na seleção de imagens que pretendo apresentar as crianças.  
 Imagens que não induzam em erro.  
 A desmistificar o tema dos astros.

Face às respostas apresentadas, todos os professores consideraram o *workshop* útil ou muito útil e só um dos professores achou que o nível de complexidade era desadequado. Quanto aos aspetos importantes aprendidos sobressaiu o cuidado a ter com as imagens apresentadas aos alunos uma vez que a falta de rigor ou erros nas mesmas, induzem, por sua vez, perceções erradas nos alunos.

#### 4.4.3 Resultados dos inquéritos aplicados pelo Centro de Formação

Os resultados seguintes dizem respeito ao inquérito colocado aos professores no final do ano letivo 2016/2017 (2.º ciclo de TDR). As opções de resposta que estão numeradas de 1 a 5 são as seguintes: Não satisfaz, Satisfaz pouco, Satisfaz, Satisfaz bem e Satisfaz muito bem.

As primeiras questões são centradas no formador, nomeadamente sobre a preparação das sessões, capacidade de exposição e comunicação e, ainda, apoio e acompanhamento aos formandos. Tal como exemplificado abaixo, as respostas de todos os professores estão concentradas em 4 (Satisfaz bem) e 5 (Satisfaz muito bem), o que revela uma avaliação bastante positiva dos formadores.

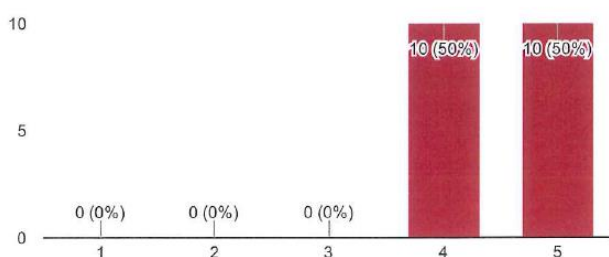
As sessões foram bem preparadas e organizadas pelo formador?

(20 respostas)



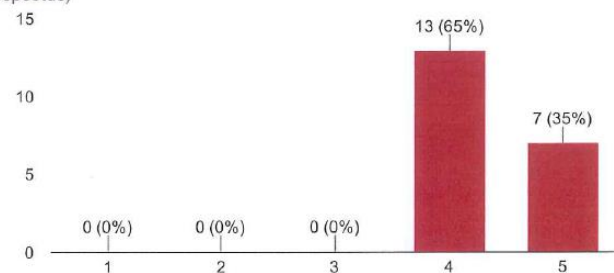
A exposição e a comunicação por parte do formador foram boas?

(20 respostas)



O apoio individual e o acompanhamento dados pelo formador foram adequados?

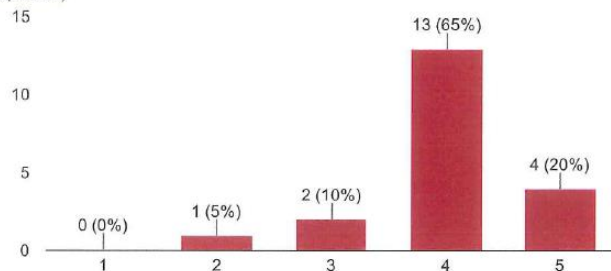
(20 respostas)



Para aferir o impacto da formação, a questão seguinte tem a ver com a repercussão na preparação da atividade letiva. Nas respostas dos professores, verifica-se que um professor respondeu que “Satisfaz pouco”, dois responderam “Satisfaz” e os restantes que “Satisfaz bem” e “Satisfaz muito bem”.

Esta ação irá repercutir-se no planeamento e preparação da sua atividade letiva?

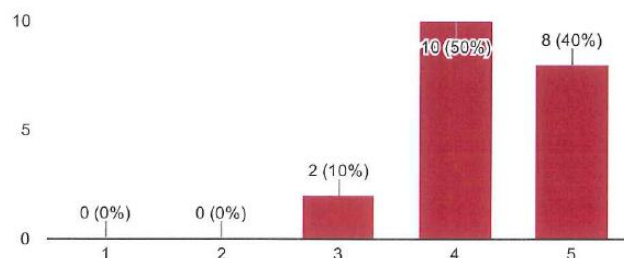
(20 respostas)



A próxima questão está relacionada com a aquisição de novos conhecimentos e práticas. Dois professores responderam “Satisfaz”, e os restantes que “Satisfaz bem” e “Satisfaz muito bem”, o que revela que a maioria dos professores reconheceu que a ação de formação permitiu adquirir novos conhecimentos e que proporcionou inovação nas suas práticas letivas.

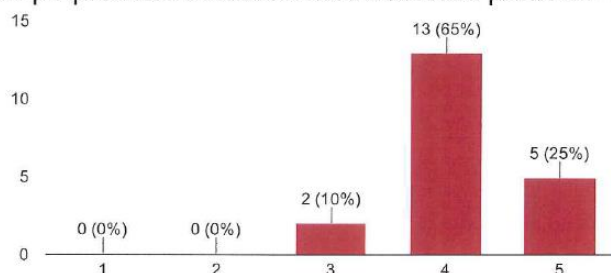
A ação proporcionou aquisição de novos conhecimentos/práticas?

(20 respostas)



A maioria dos professores também respondeu que a ação proporcionou reflexão sobre as suas práticas:

A ação proporcionou reflexão sobre as suas práticas? (20 respostas)



Por fim a última questão, de resposta aberta, estava relacionada com os aspetos mais positivos da ação:

**Indique um aspecto que tenha corrido bastante bem nesta ação. 20 respostas**

A interação entre todos os formadores e formandos.

Concretização das experiências.

Envolvimento de todos os elementos desta ação: formadores, formandos e alunos

A vinda dos formadores às nossas salas trabalhar com os alunos e a forma como eles dinamizaram essas aulas foi um dos aspetos que eu considero que correram bastante bem.

Diálogo entre formadores e formandos bem como troca de materiais. As experiências que os formadores vieram fazer à escola.

Construção de materiais.

A partilha.

A comunicação entre todos os intervenientes foi muito boa.

A troca de experiências

A realização das experiências na sala de aula.

Desenvolvimento de Experiências na turma

A colaboração entre formandos e formadores.

A partilha dos trabalhos de todos os formandos.

Vinda dos professores demonstrarem á nossa escola

partilha

A partilha dos materiais que fomos trabalhando ao longo da sessão.

A liberdade que deu aos formandos em aplicar na sala de aula as aprendizagens para posterior partilha e o facto de ter proporcionado aos nossos alunos o contato com outros materiais que não existem na nossa sala.

A partilha de experiências entre os formandos.

A forma como os formadores mostraram ser possível construir alguns instrumentos para a realização de experiências, reutilizando materiais.

Nas respostas anteriores é evidenciado o trabalho colaborativo entre os formadores e formandos, nomeadamente a partilha de experiências. Também é reconhecida a “vinda dos formadores às nossas salas”, “a realização de experiências na sala de aula” como aspetos bastante positivos da formação. No capítulo 5, a discussão sobre as perceções dos professores sobre o contexto formativo será mais aprofundada.

## 4.5 Síntese do contexto do estudo empírico

Os professores desempenham um papel fundamental na renovação da educação científica e pedagógica. Neste sentido, é essencial motivá-los e muni-los de confiança para implementarem as abordagens propostas. Entre outros métodos, ser parte de uma rede permite-lhes melhorar a qualidade do seu ensino e motiva-os para inovarem as suas práticas (Rocard et al., 2007). É esta rede que está a ser criada com os Agrupamentos de Escolas, Centros de Formação e Instituições do Ensino Superior, entre outros. Com a divulgação do projeto no âmbito da participação em conferências nacionais e internacionais esta rede tem vindo a ser cada vez mais alargada, uma vez que são cada vez mais os interessados em reproduzir este modelo de intervenção pedagógica.

A literatura também refere a importância de exemplificar as tarefas e de apoiar os professores no âmbito do seu desenvolvimento profissional, de forma a que estes ganhem

confiança para inovarem as suas práticas. O formato do programa de desenvolvimento profissional, acima descrito, enquadra-se nesta perspetiva uma vez que, nas sessões presenciais, os professores têm a oportunidade de aprender as matérias a ensinar e de praticar o que se espera que venham a desenvolver em aula. Além disso, este apoio estende-se à sala de aula dos professores reforçando assim as aprendizagens desenvolvidas nos *workshops* das sessões presenciais.





## 5 Apresentação e análise de dados dos três ciclos de TDR

Neste capítulo, começa-se por referir o impacto do programa de desenvolvimento profissional que decorreu durante os três ciclos de *Teacher Design Research* (TDR) e percepções de alguns professores relativamente ao contexto formativo. De seguida, apresentam-se alguns estudos de caso com o objetivo de ilustrar e aprofundar a forma como os professores desenvolveram tarefas em aula, no âmbito da sua participação no referido programa de formação. Por fim, procede-se à sistematização da discussão de dados com vista a responder às questões de investigação inicialmente colocadas.

### 5.1 Impacto do Programa de Desenvolvimento Profissional nos professores ao longo dos três ciclos de TDR

Nesta secção, descreve-se o impacto do programa de desenvolvimento profissional nos professores ao longo dos três ciclos de TDR que decorreram durante três anos letivos. No primeiro ciclo, os professores frequentaram uma ação de formação acreditada com um total de 26 horas presenciais com os formadores (Tabela 4.1). Nos dois ciclos seguintes, a formação consistiu em duas oficinas (uma para cada um dos ciclos) com um total de 13 horas presenciais com os formadores e outras 13 horas de trabalho autónomo dos formandos, em aula, com os respetivos alunos (Tabela 4.2).

#### 5.1.1 O primeiro ciclo de TDR

Como já referido na secção 4.1, o 1.º ciclo de TDR consistiu numa experiência piloto com catorze professores de um Agrupamento de Escolas da região que aceitou participar na mesma. Esta experiência decorreu no ano letivo 2015/2016 durante cerca de 9 meses e envolveu nove *workshops*, com a duração de 2 a 4 horas cada. Os *workshops* foram dinamizados por professores do ensino superior (universitário e politécnico) e os temas dos mesmos estiveram essencialmente relacionados com os tópicos que integram as STEM (Tabela 4.1).

Antes de iniciar a formação (outubro de 2015), foi aplicado um questionário aos professores, com o objetivo de os caracterizar e aferir que tipos de tarefas costumavam desenvolver com os respetivos alunos. A título de exemplo, no anexo E encontram-se dois questionários respondidos por dois professores. A segunda questão do referido questionário é a seguinte:

- 2) Já realizou atividades práticas *hands-on* de ciências, nomeadamente recorrendo a softwares disponíveis ou outras ferramentas/materiais?

Analisadas as respostas a esta questão, verificou-se que não era habitual os professores realizarem atividades práticas de ciências relacionadas com os temas abordados nos *workshops*, como por exemplo o som ou a eletricidade. De facto, a maioria das respostas é igual à abaixo indicada (Questionário da Tatiana, outubro 2015):

**Não:** X

**Sim:** Quais? \_\_\_\_\_ (Tatiana, outubro 2015)

A terceira questão do questionário está relacionada com a promoção da interdisciplinaridade entre as ciências e a matemática:

- 3) Costuma tirar partido das atividades práticas, ou de casos da vida real, para ensinar matemática, com a preocupação de fazer a ligação da matemática com o dia a dia?

Vários professores responderam “Não” a esta questão. A Tatiana é uma das professoras que respondeu “Sim”, tal como mostra o excerto seguinte:

**Não:** \_\_\_\_\_

**Sim:** X **Dê exemplos:** Sempre que possível tento mostrar aos alunos qual é a aplicação prática do conhecimento. Por exemplo, para o trabalho com frações recorro muito aos bolos, peças de fruta... que servem para demonstrar as partes e o todo. (Tatiana, outubro 2015)

A resposta abaixo é da Tulipa que respondeu “Sim” e é a professora que dá mais exemplos de tarefas que realiza habitualmente com os seus alunos:

**Sim:** X **Dê exemplos:** \_Experiências na sala de aula com diferentes materiais:

-Trazer um pacote de leite de litro e com diferentes recipientes que os alunos trazem de casa fazermos medições, comparações e por fim bebermos o leite.

-Juntar os pacotinhos de leite que os alunos bebem num dia na escola num jarro e termos a noção a quanto se refere em litros de leite, perceberem que 200 ml ou 1 pacote equivale a 1 copo mas que depende do copo.

- Utilizar uma tablete de chocolate, para explicar as frações ...

- Executar receitas culinárias em dias festivos, medição dos ingredientes, fazer relações de dobro, triplo, metade e proporcionalidade conforme o que queremos fazer, etc. Esta

actividade costume fazer essencialmente em novembro, quando confeccionamos broas para vender na “feirinha de outono” que fazemos na escola. (Tulipa, outubro 2015)

Outros exemplos indicados pelos professores que responderam “Sim” à mesma questão são os seguintes:

Medir o corpo, consultar registos de consumo de água, para descobrir a relação do m<sup>3</sup> com o litro e o preço, itinerário escola (Mitó, outubro 2015)

Contagem de legumes, medições /tabelas com experiência feijão (Iva, outubro 2015)

Leitura de panfletos, tabelas de preços, saldos (Silvéria, outubro 2015)

Tal como mostram as respostas acima, nenhum professor assinalou tarefas que envolvessem atividades práticas relacionadas com o som, eletricidade ou astronomia, as quais integram o currículo do 1.º CEB e dizem respeito a alguns dos principais temas de ciências trabalhados nos *workshops* com os professores.

No final do primeiro workshop que decorreu em outubro do ano letivo 2015/2016 foi aplicado outro questionário aos professores para aferir as suas perceções sobre os trabalhos realizados. A Figura 4.7 e a Figura 4.8 dão exemplos de algumas respostas a este questionário. A Figura 5.1 mostra mais um exemplo da resposta de uma das professoras que participou nessa mesma sessão.

**2) Gostaria que houvesse apoio, por parte da equipa, para fazer acções  
experimentais com a sua turma?**

Sim:  X  Não: \_\_\_\_\_

**Observações/Sugestões:**

*O workshop foi bastante proveitoso.  
Gostei bastante da exposição e do  
trabalho prático.*

Figura 5.1: Respostas de um dos professores ao questionário.

A professora em causa (Figura 5.1) manifestou interesse em receber apoio da equipa para realizar atividades práticas em aula. Relativamente ao *workshop*, para além de referir que foi proveitoso, destaca o trabalho prático do mesmo, o qual está relacionado com as diversas atividades práticas *hands-on* exemplificativas que decorreram ao longo do *workshop*. Analisadas as respostas dos restantes professores ao questionário, verificou-se que todos responderam que gostariam do apoio da equipa de formadores para fazerem atividades práticas nas suas turmas. Além disso, a maioria dos professores respondeu que a sessão tinha sido muito interessante, que os obrigou a refletir sobre os tópicos abordados e que valia a pena continuar a frequentar este tipo de formação (Figura 5.1 e Figura 5.2).

Workshop excelente, muito enriquecedor,  
proporcionando-nos ver o mundo com  
os olhos da ciência.

"Provocatório" - Deitou por terra as "convenções"  
Gostei muito!!

Gostei muito da abordagem  
do prof. Não faltaria a próxima.

Figura 5.2: Exemplo das respostas dos professores ao questionário.

Face ao interesse dos professores em receber o apoio dos formadores, combinou-se realizar diversas atividades práticas *hands-on*, nas aulas dos professores, relacionadas com as STEM, como um complemento às sessões presenciais dos mesmos nos *workshops*. A escolha das primeiras turmas onde realizar as visitas às escolas foi coordenada com a Diretora do Agrupamento envolvido. Estas visitas começaram em outubro de 2015. A Alcina foi uma das primeiras professoras a serem indicadas pela Diretora para receber um dos formadores na sua aula. Na sessão presencial com o formador, que ocorreu na véspera desta visita (19/11/2015), a professora declarou que: "Eu digo desde já que estas coisas das ciências não me dizem nada. A minha área favorita é o Português". As figuras 5.3 e 5.4 representam parte do trabalho realizado pelo formador que dinamizou uma sessão de astronomia, na referida visita, com alunos do 3.º ano de escolaridade (8 a 10 anos de idade). O formador usou um *tablet* e com o *software Solar Walk* convidou os alunos a descobrirem os corpos celestes (Figura 5.3).



Figura 5.3: Visualização do Saturno com o *software Solar Walk*.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).



Figura 5.4: Problemas de matemática relacionados com o Sistema Solar.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

A exploração do Universo decorreu com a orientação do formador que ía colocando questões aos alunos enquanto estes usavam o *tablet* para procurar a informação solicitada. Uma parte da sessão foi dedicada à matemática, nomeadamente para resolver problemas relacionados com o Sistema Solar. Por exemplo: "Se a Lua demora 27 dias para dar uma volta à Terra, quantos dias demora a dar duas voltas? E se forem dez voltas?" O formador pediu para um dos alunos ir ao quadro resolver o problema (Figura 5.4). Primeiro pediu para desenhar a trajetória da Lua à volta da Terra e para escrever os dados do problema. De seguida, apoiou o aluno explicando diferentes forma de resolver este problema fazendo cálculos. Outros problemas se seguiram recorrendo à mesma metodologia.

Dado que esta foi a primeira intervenção nas escolas, a Diretora do Agrupamento de Escolas e a Diretora do Centro de Formação fizeram questão de estar presentes assistindo a toda a sessão. Na verdade, esta era uma experiência piloto na qual ambas aceitaram participar e, como tal, procuraram estar a par das atividades desenvolvidas e avaliar o impacto das mesmas nos professores e alunos. No decorrer de toda a sessão a investigadora tirou notas de campo e, no final, realizou entrevistas informais com ambas as diretoras presentes. As mesmas elogiaram a capacidade de comunicação do formador e como conseguia prender a atenção dos alunos. A forma como o formador trabalhou a matemática também foi referida por ambas como uma maneira inovadora de abordar esta área curricular.

No decorrer dos vários *workshops* com os professores, para além da aplicação dos questionários acima referidos, também foram realizados vários grupos focais, com os professores, a fim de aferir sobre as opiniões dos mesmos relativamente aos trabalhos desenvolvidos. Quando

questionados sobre se costumam realizar atividades práticas, a maioria dos professores referiu que não se sentia à vontade para trabalhar alguns conteúdos, por não terem os conhecimentos necessários para desenvolver este tipo de atividades. Por exemplo, a professora Luísa participou neste ciclo de TDR e manifestou falta de conhecimento de conteúdo especializado sobre eletricidade: “Não sinto confiança para ensinar estes conteúdos porque não domino estes conceitos (...)” (Grupo focal, março 2016). A falta de materiais necessários à execução das atividades práticas também é um dos fatores apontados, bem como as poucas horas reservadas para a unidade curricular de Estudo do Meio (cerca de 3 h por semana).

No entanto, no final do 1.º ciclo de TDR, todos reconheceram a importância de realizar atividades práticas em aula, para promover o interesse e a aprendizagem dos alunos por estas áreas. A professora Alcina que no *workshop*, realizado em novembro de 2015, manifestou alguma desconfiança quanto à importância da realização de atividades práticas de ciências foi uma das mais interventivas no grupo focal que decorreu em março de 2016:

Isto é importante! Os meus alunos nunca irão esquecer aquela aula de astronomia dinamizada pelo formador. Nessa aula, enquanto aprendiam astronomia também trabalharam a matemática (...) Esta formação serviu para eu perceber a importância de realizar atividades experimentais com os meus alunos. (Alcina, Grupo focal, março 2016)

No último *workshop* do 1.º ciclo de TDR (junho de 2016) foi realizado um grupo focal onde, para além dos professores envolvidos e da investigadora, participaram a Diretora do Centro de Formação e a Diretora do Agrupamento de Escolas em causa. Um dos objetivos do grupo focal foi o de fazer uma reflexão conjunta sobre a adequação do programa de desenvolvimento profissional, em que medida tinha resultado e o que era necessário melhorar e/ou corrigir nos próximos ciclos de TDR. Este último grupo focal, para além de promover uma reflexão sobre a formação recebida, também teve como objetivo preparar o 2.º ciclo de TDR, nomeadamente escolher os temas que os professores consideravam mais relevantes e adequados para implementar nas suas aulas.

Analisados os dados do 1.º ciclo de TDR, verificou-se a importância de motivar os professores e de os apoiar para inovarem as suas práticas. Um aspeto que contribuiu para esta motivação foi a visita dos formadores às escolas, para realizar atividades práticas na sala de aulas dos professores em formação. O entusiasmo e a participação dos alunos com empenho, nestas visitas, acaba por ser um fator que motiva e “convence” os professores de que vale a pena realizar este tipo de abordagem, tal como referido pela professora Alcina. Praticamente todos os professores referiram a importância destas intervenções em aula, quer nas entrevistas quer no grupo focal ou, ainda, nos relatórios incluídos nos portefólios dos professores. De seguida, apresentam-se alguns excertos dos relatórios dos professores que refletem a sua perceção relativamente ao contexto formativo em que participaram:

Eu reconheço a importância de realizar atividades experimentais de ciências (...) Esta formação deu-me confiança para inovar e, também, permitiu adquirir conhecimento e ideias de tarefas para realizar na sala de aula (Pilar, Relatório final, junho 2016).

A minha prática vai certamente sofrer alterações, incluindo a introdução de atividades experimentais e a tão importante questão/discussão nas minhas aulas. (Antónia, Relatório final, junho de 2016)

(...) impulsionamos a experimentação e observação de fenómenos do quotidiano (Margarida, 2016)

A professora Pilar manifesta que não só ganhou motivação e confiança como também adquiriu conhecimento para inovar. A Antónia indica que as alterações nas suas práticas letivas têm a ver com a “introdução de atividades experimentais” e também refere o questionamento investigativo a que chama de “questão/discussão”. Os excertos seguintes dizem respeito ao impacto desta abordagem nos alunos:

(...) fomentamos o gosto pelas ciências nas crianças. (Margarida, 2016)

A turma mostrou-se muito motivada na execução das várias tarefas propostas pelos formadores. Os alunos desenvolveram atitudes de cooperação, de experimentação, nas quais as falhas foram encaradas como fazendo parte do processo científico. (Luisa, Relatório final, junho 2016)

(...) depois de realizar as atividades experimentais sobre eletricidade (o que aconteceu em setembro e outubro), no final do ano letivo os alunos ainda se lembravam do que tinham aprendido nessa altura (Luisa, Relatório final, junho, 2016).

Com esta referência ao impacto nos alunos, verifica-se que os professores dão muita importância aos mesmos e, como tal, valorizam e destacam aspetos positivos deste mesmo impacto tais como: “gosto pelas ciências nas crianças”; “A turma mostrou-se muito motivada”; “desenvolveram atitudes de cooperação, de experimentação”; “os alunos ainda se lembravam do que tinham aprendido”; “promoveu um alargamento do conhecimento”. Estes testemunhos dão conta do reconhecimento dos professores sobre a importância de desenvolver estas abordagens em aula.

Face ao exposto, começam a desenhar-se algumas dimensões importantes relativas ao 1.º ciclo de TDR. Tal como referido pelos professores, a motivação e confiança dos mesmos revela-se crucial para estes inovarem as suas práticas letivas. Quanto às práticas inovadoras, os professores identificam-nas com as atividades práticas a implementar em aula assim como com as estratégias de ensino a elas associadas, como por exemplo o questionamento investigativo. A aquisição de conhecimentos quer de conteúdo das matérias a ensinar quer sobre as tarefas a realizar, bem como sobre as estratégias de ensino também são uma dimensão essencial neste estudo. Deste ponto de vista destaca-se o conhecimento específico sobre os tópicos de ciências a ensinar e, ainda, um conhecimento especializado relacionado com a implementação das atividades práticas *hands-on*. Por outro lado, para as implementar é necessário colocar o Conhecimento Pedagógico em ação para as tornar adequadas à aprendizagem dos estudantes.

Por fim, na reflexão realizada entre a investigadora e os formadores do programa de desenvolvimento profissional, verificou-se que os professores que receberam mais acompanhamento dos formadores, nomeadamente em sala de aula, foram os que realizaram mais

atividades práticas com os seus alunos. Com este apoio desenvolve-se uma relação mais estreita entre formador e formando, o que contribui para aumentar a motivação e confiança dos professores para inovarem as suas práticas. Este é um dos motivos que levou a concluir que estas demonstrações em aula, assim como o ambiente colaborativo promovido, contribuem para a eficácia desta intervenção pedagógica, através do desenvolvimento profissional dos professores. Esta conclusão está de acordo com vários autores (e.g., Afonso et al., 2005; Borko et al., 2010; Darling-Hammond et al., 2017) que referem a importância de os professores experienciarem o que se espera que venham a implementar em aula com os respetivos alunos, num ambiente colaborativo de apoio aos mesmos, o que os leva a tomar como suas as práticas desenvolvidas (Zehetmeier et al, 2015).

No que diz respeito às tarefas propostas e implementadas em aula, neste primeiro ciclo, a maioria dos professores optou por apresentar tarefas de matemática. Quanto às atividades práticas, alguns professores fizeram propostas de tarefas relacionadas com o som, mas não apresentaram aplicações à matemática. A eletricidade foi o tópico menos escolhido pelos professores para trabalhar em aula. Dos 14 participantes no programa, apenas dois relatórios fizeram referência à eletricidade. Estes dois relatórios são da professora Luísa e Mariana (cujos estudos de caso vão ser apresentados), as quais receberam a equipa de formadores para realizar atividades práticas na sua aula. No entanto, não houve evidências da promoção da interdisciplinaridade entre a matemática e as atividades práticas de ciências, sendo este um dos aspetos que os formadores entenderam ter que ser melhorado no ano letivo seguinte.

No final do ano letivo, quando questionados sobre a realização de tarefas relacionadas com as atividades práticas de ciências, alguns professores continuaram a manifestar insegurança e falta de conhecimento de conteúdo da matéria a ensinar, para implementar tarefas relacionadas por exemplo com a eletricidade, como foi o caso da professora Luísa que apesar de reconhecer o impacto desta abordagem nos seus alunos confessou que: “eu não me sinto com conhecimentos científicos sobre eletricidade de modo a conseguir realizar estas atividades” (Luísa, Grupo focal, junho 2016).

Outra característica deste modelo de formação profissional que a investigadora tentou implementar desde o 1.º ciclo de TDR foi a partilha de boas práticas entre os pares. Com este objetivo, os professores foram convidados a apresentar o trabalho que desenvolveram com os alunos aos seus colegas, no último *workshop* do programa de formação. Foi com alguma dificuldade que duas professoras aceitaram revelar o seu trabalho. Apesar disso, disseram que não queriam falar perante os colegas e que seria a investigadora a fazer a apresentação. Após alguma negociação, acabou-se por acordar que enquanto a investigadora passava os slides, as professoras explicariam o que tinham feito, mas sem se levantarem do lugar onde estavam sentadas junto dos colegas. A professora Luísa foi uma das professoras que apresentou o seu trabalho aos pares. Além disso, também realizou um Poster, com a ajuda da investigadora, para o “Encontro Nacional da Associação de Professores de Matemática: primeiros anos” que se realizou em novembro de



2016. Com esta experiência observou-se que a apresentação de trabalhos ou de Posters não fazia parte dos hábitos dos professores.

A reflexão resultante do 1.º ciclo de TDR levou os formadores e a investigadora a prepararem o 2.º ciclo de TDR com a preocupação de adequar ainda mais o programa de formação às necessidades dos professores, de forma a que estes ganhem motivação e confiança para implementar as tarefas propostas.

### 5.1.2 O segundo ciclo de TDR

O segundo ciclo de TDR (ano letivo 2016/2017) consistiu numa oficina com 13 horas presenciais e 13 horas de trabalho autónomo (Tabela 4.2). Neste segundo ciclo, procurou-se munir os professores de mais autonomia para realizar as atividades práticas, reforçando o apoio dos formadores, para os ajudar a criar as tarefas e inovar as suas práticas letivas. Além disso, houve uma maior insistência para usar o questionamento investigativo e promover a interdisciplinaridade, aumentando as tarefas exemplificativas desta abordagem.

Sempre que se inicia um novo ciclo de formação, são inúmeras as dúvidas dos professores sobre o trabalho que deve ser desenvolvido com os alunos, em aula, que tipo de tarefas devem criar de acordo com os objetivos do curso e o que é exigido no portefólio a apresentar no final da formação. Por exemplo, no primeiro ciclo, mesmo após vários esclarecimentos sobre o formato da formação e o que se esperava que os professores desenvolvessem, muitas questões sobre este assunto continuavam a ser colocadas. Por este motivo, no segundo ciclo de TDR, a investigadora optou por disponibilizar alguns dos portefólios de professores que frequentaram a formação no ano letivo anterior (com a devida autorização dos mesmos) para servirem de exemplo aos formandos. Ainda assim, uma professora com alunos do primeiro ano de escolaridades disse que as tarefas não eram adequadas aos alunos desse nível de ensino. De facto, nos relatórios disponibilizados as tarefas foram implementadas com alunos do 3.º e 4.º ano de escolaridade. Estas questões colocadas pelos professores, relativamente às dificuldades de implementar as abordagens propostas, fizeram a investigadora verificar que havia uma grande necessidade de exemplificar aos professores as tarefas que podiam implementar em aula. Mas quando essa exemplificação era feita pelos formadores, alguns professores afirmavam que não tinham conhecimentos, ou materiais, ou ainda que com turmas demasiado grandes isso não era possível. Quando estas discussões ocorriam no grupo focal, havia sempre um ou outro colega que intervinha falando da sua experiência pessoal e como conseguia ultrapassar os problemas assinalados. A investigadora apercebeu-se que perante o testemunho e os exemplos dos colegas, os professores que referiam dificuldades sobre como implementar as novas práticas ficavam sem argumentos. Daí a decisão de apostar cada vez mais no trabalho colaborativo entre os formandos e a partilha de boas práticas entre os pares.

Quanto aos temas trabalhados no 2.º ciclo de TDR, tendo em conta que um dos mais solicitados pelos professores foi a astronomia, os dois primeiros *workshops* deste ciclo foram destinados a este tema. Antes de iniciar a formação sobre astronomia, os professores realizaram

um teste diagnóstico (Anexo F) para aferir o Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar, sobre os tópicos abordados. Após terminar os *workshops* sobre este tema, o mesmo teste voltou a ser aplicado. A Figura 5.5 apresenta os resultados globais de todas as questões do teste e a Figura 5.6 apresenta os resultados obtidos nos itens 5 e 8, antes e depois da aplicação do referido teste.

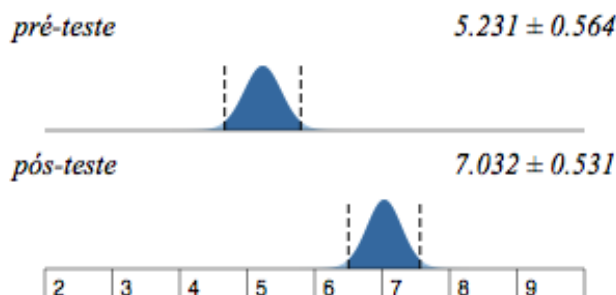


Figura 5.5: Resultados globais (médias e erro padrão das médias) antes e após a realização do *workshop*.

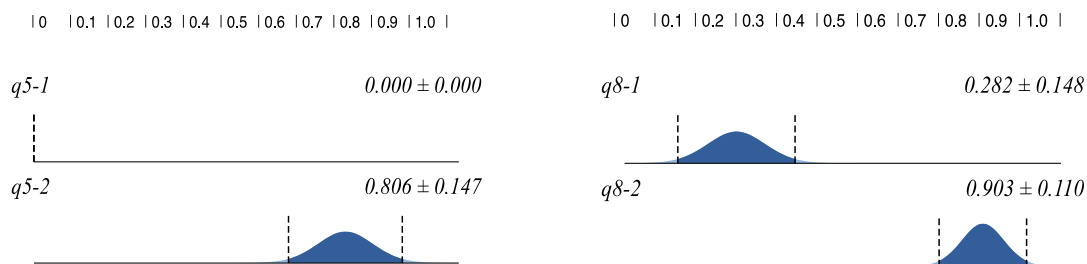


Figura 5.6: Resultados dos itens 5 (à esquerda) e 8 (à direita) antes e após a realização do *workshop*.

A amostra trabalhada corresponde a um total de 31 professores que responderam ao teste diagnóstico nos dois momentos em que este foi aplicado. 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 5.5). Por exemplo, nos itens 5 e 8 (Figura 5.6), relacionados com a órbita da Terra à volta do Sol e com a inclinação do eixo da Terra, é evidente a melhoria do Conhecimento de Conteúdo sobre estes tópicos (de 0 % para 80 % e de 28 % para 90 %, respetivamente, com um grau de confiança superior a 99 %).

No final de cada *workshop* foi solicitado que os professores fizessem relatórios com reflexões e propostas de atividades para implementarem em aula com os respetivos alunos. As citações seguintes são exemplos de algumas dessas reflexões:

(...) Muitas das práticas realizadas na Astronomia recorrem à Matemática. Assim sendo, é relevante mostrar a aplicabilidade de vários conceitos e propriedades de conteúdos matemáticos na Astronomia. (Maria, janeiro de 2017)

No final da sessão realizámos uma atividade prática, em que tínhamos que construir uma maquete do Planeta Terra e do Satélite Lua mais ou menos à escala. Como não

tínhamos toda a informação necessária, recorremos à Wikipédia e concluímos que a Lua é cerca de quatro vezes menor que a Terra. (Idália, janeiro de 2017)

O diâmetro da Lua é 3 000 km. O raio da Terra 6 400 km. O diâmetro da Terra 12 800 km. A distância da Terra à Lua é de 400 000 km. Com estes dados construímos modelos da Terra e da Lua com massa de modelar para compreender o “raciocínio proporcional”, que é a ideia mais importante do pensamento matemático e que está na base de todo o pensamento científico. (Antónia, janeiro de 2017)

Nestas citações, verifica-se que os professores adquiriram conhecimentos relacionados com a Terra e com a Lua (SMCK – Subject Matter Content Knowledge), assim como aprenderam a usar tecnologia (TK -Technological Knowledge) para obter informação sobre as respetivas dimensões e distâncias. Além disso, os professores apreciaram a atividade *hands-on* que foi desenvolvida tal como referido no seguinte excerto da reflexão da professora Ilda:

A atividade prática feita no final da segunda sessão, em que tínhamos que construir uma maquete do planeta Terra e do satélite Lua mais ou menos à escala, foi muito interessante. (Ilda, janeiro de 2017)

Tal como muitas outras reflexões, apresentadas noutros relatórios, as reflexões anteriores ilustram que os professores compreenderam que é possível promover a interdisciplinaridade, trabalhando a matemática a partir da astronomia. Mais do que isso, os professores adquiriram Conhecimento de Conteúdo relacionado com este tema (SMCK), assim como aprenderam a usar recursos tecnológicos (TK) para o adquirirem através da Internet, nomeadamente usando a Wikipédia. Por outro lado, também adquiriram Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) através da atividade experimental *hands-on* que foi implementada para exemplificar uma forma de aplicar os conhecimentos em aula. De facto, os excertos acima evidenciam mais algumas dimensões importantes deste estudo que estão relacionadas com: Atividades práticas *hands-on*, interdisciplinaridade e conhecimento para implementar esta abordagem, nomeadamente conhecimentos sobre os tópicos abordados assim como conhecimento tecnológico e conhecimento pedagógico para implementar as atividades práticas com os alunos.

Quanto às propostas de aplicações à matemática, apresentadas nos relatórios dos professores, alguns dos exemplos são os seguintes:

Pesquisar na internet o diâmetro aproximado dos planetas e partindo desse valor, achar o raio de cada um. “Reduzir” o valor do raio à escala (em centímetros), desenhar utilizando o compasso os planetas. Ordenar os planetas do Sistema Solar, por ordem de tamanho (sequência crescente e decrescente). (Carlota, junho de 2017)

Ordenar figuras do sistema solar com base no seu tamanho em sequências crescentes e decrescentes. Trabalhar e representar frações recorrendo ao Planeta Terra, ao equador e Meridiano de Greenwich. (Maria, fevereiro de 2017)

Qual o meu peso em cada planeta? Compreender a força de gravidade. Adquirir a noção de que o seu peso difere de planeta para planeta. (Aúrea, fevereiro de 2017)

Os exemplos anteriores constituíram propostas inovadoras, no sentido em que estas atividades não faziam parte das práticas letivas habituais dos professores. Neste segundo ciclo, verificou-se um grande aumento de propostas de aplicações à Matemática e muitas mais propostas e ideias para trabalhar a astronomia, face ao ano letivo anterior (1.º ciclo de TDR). A professora Manuela, cujo estudo de caso é apresentado na subsecção 5.3.3 exemplifica como implementar tarefas interdisciplinares relacionadas com a astronomia.

Tal como no 1.º ciclo de TDR, no final do programa de desenvolvimento profissional do 2.º ciclo de TDR, os professores entregaram um portefólio com as reflexões finais sobre o programa e as evidências do trabalho desenvolvido, em aula, com os respetivos alunos. Os excertos seguintes permitem identificar mais algumas dimensões de análise relacionadas com o programa de formação: clareza na exposição dos conteúdos, reforço da aprendizagem, partilha de boas práticas e apoio dos formadores, nomeadamente nas visitas às escolas.

No decorrer desta formação, sempre pude contar com as orientações e esclarecimentos dos oradores e intervenções oportunas dos participantes. Os conteúdos foram expostos de um modo muito claro e sucinto sempre em ambiente agradável e motivador (Hélia, junho de 2017).

A professora Hélia destaca o trabalho colaborativo quer entre formadores e formandos quer entre os próprios formandos, tal como defendido por Kuzle & Biehler (2015). A referência à clareza na exposição dos conteúdos dá a entender que a professora adquiriu conhecimento de conteúdo relacionado com os temas abordados.

A professora Anabela também refere o trabalho colaborativo, nomeadamente a “dinâmica de partilha entre os formandos” e que “Os conhecimentos foram transmitidos de forma clara”. A professora destaca a exemplificação de atividades práticas no decorrer dos *workshops* e como este contexto contribuiu para “reforçar a aprendizagem”:

Os conhecimentos foram transmitidos de forma clara (...) através de exemplos concretos (...) da utilização dos materiais e realização das experiências. A estratégia, utilizada pelos formadores – promover uma dinâmica de partilha entre os formandos, (...) foi fundamental para aplicar os conhecimentos e reforçar a aprendizagem, permitindo atingir os objetivos propostos (Anabela, junho de 2017).

Por sua vez, a Laurinda reconhece que esta formação despertou o seu interesse para realizar atividades “Recorrendo à experimentação” e refere inovação nas suas práticas letivas:

Recorrendo à experimentação nas minhas práticas letivas, as aulas tornaram-se mais diversificadas, motivadoras e os conteúdos foram adquiridos de forma lúdica com concretização de diversas tarefas pelos alunos. (...) Abriu-me o interesse em experimentar/fazer na minha prática pedagógica. (Laurinda, 2017)

No contexto do apoio dos formadores aos formandos, as visitas dos formadores às escolas para realizar atividades práticas com os alunos dos professores foram muito valorizadas:

De salientar que a vinda à escola de formadores especializados, com material de experimentação, foi uma mais-valia para mim e para os meus alunos. (Laurinda, 2017)

Um dos pontos mais altos, penso que é mesmo a visita dos formadores/professores, às turmas, pois, trata-se de um momento único na sala de aula. Os alunos vão poder aprender/experimentar com a ajuda de técnicos credenciados equipados com todo o material necessário. (Anacleto, Relatório, 2017)

Nas citações acima verifica-se que os professores consideram que os formadores são “especializados”, o que dá a entender que os reconhecem como munidos de um conhecimento específico, o qual consideram importante transmitir aos alunos. Por outro lado, também é referido “técnicos credenciados”, o que tem a ver com um conhecimento técnico que fará parte do tipo de abordagem implementada. No âmbito destas visitas às escolas, é referida ainda uma aprendizagem simultânea de alunos e professores. O excerto seguinte está em linha com esta perspetiva e destaca a aquisição de conhecimentos, nomeadamente conhecimentos para implementar atividades práticas em aula:

Esta formação visava professores e alunos. Se para mim deu-me alguma confiança para a aplicação do ensino experimental, deu-me, também, conhecimentos e propostas para aplicar em sala de aula. Aos alunos fomentou o gosto pela experimentação. (Paulina, 2017)

Os excertos de relatórios dos professores, que se apresentam de seguida, têm a ver com a avaliação e o reconhecimento da relevância e pertinência da formação:

No que diz respeito à minha prática docente, considero que esta formação foi muito oportuna e pertinente, por me ter possibilitado o contacto com áreas e temas para os quais não estava tão desperta, como a astronomia, o som ou a eletricidade. (...) O balanço final é muito positivo, tendo esta formação contribuído para a melhoria das minhas práticas como docente, mas também para o meu desenvolvimento pessoal. (Alda, 2017)

De acordo com a citação acima, a professora Alda “não estava tão desperta” por temas tais “como a astronomia, o som ou a eletricidade”, os quais integram a área curricular de Estudo do Meio. A participação nesta formação permitiu inovar as suas práticas letivas, nomeadamente “a melhoria” das mesmas. A professora Carlota também refere que a sua “prática pedagógica” melhorou:

Para mim, esta ação foi muito positiva, pois aprendi coisas que ajudaram a melhorar a minha prática pedagógica. Gostaria de poder futuramente continuar a frequentar ações neste âmbito, uma vez que, é também experimentando, que os nossos alunos aprendem, de uma forma mais ativa e motivadora. (Carlota, junho de 2017)

A professora Ivete classifica a “ação de formação como excelente” e considera que o seu tempo de duração foi importante para a ajudar a colocar o conhecimento adquirido em ação:

Por tudo o que fui dizendo avalio esta ação de formação como excelente pois, dentro das temáticas escolhidas, não poderia ter sido melhor. O facto de decorrer durante alguns

meses, possibilitou-nos irmos pondo em prática o que ia sendo falado nas sessões presenciais. (Ivete, 2017)

Nas reflexões anteriores fica patente a importância do apoio dos formadores no decorrer do processo de formação, nomeadamente o ambiente colaborativo de partilha de conhecimentos, quer entre formadores e formandos quer entre os próprios formandos. Neste apoio, as visitas às escolas dos formandos são muito valorizadas sendo reconhecidas como “uma mais-valia” quer para os professores quer para os alunos, promovendo a aprendizagem de ambos.

Em resumo, verificou-se que este programa de desenvolvimento profissional motivou os professores para inovarem as suas práticas através da exemplificação de atividades práticas *hands-on* desenvolvidas enquanto se introduziam os conceitos teóricos. Além disso, contribuiu para munir os professores de Conhecimento de Conteúdo especializado sobre as matérias e ensinar, nomeadamente Conhecimento para realizar atividades práticas *hands-on*, assim como Conhecimento Pedagógico para implementarem as novas práticas em aula.

### 5.1.3 O terceiro ciclo de TDR

O terceiro ciclo foi o consolidar das estratégias do modelo de desenvolvimento profissional que foram usadas nos ciclos anteriores. Foi mantido o apoio aos professores, nomeadamente as visitas às escolas que foram muito solicitadas e apreciadas pelos mesmos:

O facto de os formadores se deslocarem à escola (no caso do professor Teodoro e docentes do politécnico) para, junto dos alunos, desenvolverem atividades experimentais e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante, demonstraram o enorme interesse que se deve dar à prática de atividades experimentais e a importâncias que as mesmas têm para o desenvolvimento do conhecimento e abertura de horizontes científicos. (Manuela, 2018)

O contexto formativo, nomeadamente o tipo de práticas exemplificativas, foi considerado interessante e adequado aos professores:

Esta formação foi interessante e oportuna, tendo sido desenvolvido trabalho prático ao longo das diversas sessões, cujas temáticas diversificadas são bastante apelativas, indo de encontro ao Plano Estratégico do nosso Agrupamento bem como, às necessidades atuais dos professores, no trabalho experimental, a realizar com os seus alunos. (Alberta, 2018)

No excerto acima verifica-se que a professora considerava que os professores tinham necessidade de conhecimentos relacionados com o “trabalho experimental” e que a abordagem exemplificativa usadas nos *workshops* contribuiu para melhorar este cenário. A professora Aurélia também destaca o ambiente colaborativo do contexto formativo e refere que “São sessões muito práticas”:

Considero que foram importantes as sessões plenárias no início de qualquer tema, incentivando-nos às atividades e nas sessões de grupo também podemos expor as nossas dúvidas e confrontar opiniões, tirando ideias e manuseando materiais. São sessões muito

práticas e interessantes pelo que gostaria de poder dar continuidade a esta formação, no próximo ano letivo. (Aurélia, 2018)

Neste terceiro ciclo de TDR, tal como no segundo, foram partilhados os trabalhos produzidos nos ciclos anteriores, novamente após os professores autorizarem que os mesmos fossem divulgados. A principal novidade relativamente ao segundo ciclo foi insistir mais na interdisciplinaridade procurando envolver ainda mais tópicos. Foi assim que surgiu a proposta da sigla STEAMH (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage), com a introdução do Património nas STEAM (Costa & Domingos, 2018a). O estudo de caso da professora Manuela que vai ser apresentado na subsecção 5.3.3 exemplifica tarefas, desenvolvidas pela professora, que integram os vários tópicos relacionados com as STEAMH.

Outro aspeto que foi ainda mais reforçado no terceiro ciclo foi a partilha de boas práticas, ao ponto de se organizar uma conferência destinada a toda a comunidade, onde um professor de cada um dos agrupamentos envolvidos apresentou o trabalho que tinha desenvolvido com os seus alunos à comunidade (MCT, 2018). Esta foi a primeira vez que cada um destes professores fez uma apresentação numa conferência, pelo que foi um momento muito especial neste programa de desenvolvimento profissional. De facto, houve uma grande evolução, relativamente ao 1.º ciclo de TDR, tendo em conta que no 1.º ciclo nenhum dos professores saiu do seu lugar para apresentar o seu trabalho. A professora Catarina destaca este “espaço de reflexão e partilha”:

No intervalo de espaço em que decorreu esta formação, assistimos a uma Conferência “Matemática e Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências”, que foi um ótimo espaço de reflexão e partilha de alguns trabalhos realizados por colegas de outros agrupamentos e escolas, baseando-se nas diferentes temáticas abordadas ao longo das duas oficinas – Anos Letivos 2016/2017 e 2017/2018. (Catarina, 2018)

Como resultado desta conferência de Partilha de Boas Práticas, alguns professores manifestaram interesse em reproduzir o trabalho exposto nas suas aulas. Por exemplo, a professora Manuela pediu para trabalhar a eletricidade e o som no ano letivo 2018/2019, a professora Marina pediu para trabalhar a eletricidade e a professora Josefina o som e a astronomia. A divulgação das práticas letivas desenvolvidas é um dos objetivos da metodologia de TDR, pelo que a realização da conferência cumpre claramente este objetivo. Além disso, verificou-se que a mesma contribuiu para motivar os professores para implementarem as propostas apresentadas na conferência, em aula. Por este motivo, pretende-se manter a realização desta conferência todos os anos letivos.

## **5.2 As perceções dos professores sobre o contexto formativo do 2.º ciclo de TDR**

As perceções dos professores são importantes porque revelam como estes apreenderam o contexto formativo e são uma fonte de informação relevante sobre o impacto do mesmo. Tal como

explicado na secção anterior, o segundo ciclo de TDR resultou da reestruturação do primeiro ciclo a partir da experiência obtida no mesmo. O terceiro ciclo foi uma consolidação do segundo ciclo pelo que nesta secção dá-se protagonismo às percepções dos professores sobre o segundo ciclo de TDR, o qual decorreu no ano letivo 2016/2017. Os dados analisados, nesta secção, resultaram essencialmente de observações presenciais e da análise documental dos portefólios entregues no final do ano letivo, o qual inclui reflexões individuais e relatórios dos professores sobre o contexto educativo.

Em primeiro lugar, começa-se com a professora Aúrea (nome fictício) que participou no programa de desenvolvimento profissional no ano letivo 2016/2017, com 62 anos de idade e titular de uma turma do 2.º ano de escolaridade. As suas percepções retratam a sua visão acerca do contexto formativo, as expectativas que tinha relativamente à formação e o impacto da mesma. Os dados recolhidos, sobre a professora, incluem observações presenciais durante a realização dos *workshops* e da análise documental das suas reflexões e relatórios, assim como do portefólio entregue no final do ciclo de TDR. Com base na análise destes dados, verificou-se que, apesar de já ter alguma experiência em realizar atividades práticas, isso não a impede de achar que pode sempre inovar as suas práticas, no sentido de melhorar a aprendizagem dos seus alunos.

O seguinte excerto de um relatório final da professora Aúrea mostra as expectativas iniciais que ela tinha sobre a formação que escolheu frequentar, bem como sobre a pertinência da mesma:

Tornava-se fundamental frequentar uma formação que concorresse para cabalmente configurar o modo de operacionalizar conteúdos, porventura envoltos nalguma opacidade, atenuasse ou resolvesse alguns hiatos nos meus conhecimentos teórico científicos e que transversalmente me proporcionasse uma reflexão coletiva sobre temas de Matemática, Ciências e Tecnologia através do encontro com outros professores e com especialistas teórico-práticos, para poder projetar um percurso de ensino/aprendizagem da minha turma, com mais qualidade e potenciador do sucesso dos meus alunos. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

Face a este excerto do relatório, verifica-se que a professora reconhece ser fundamental frequentar uma formação desta natureza. A justificação para reconhecer este facto tem a ver com “conteúdos (...) envoltos nalguma opacidade”, o que implica a necessidade de atualizar os seus “conhecimentos teórico científicos”. Deste ponto de vista, há referência a um Conhecimento Teórico especializado relacionado com esta temática, o qual aparentemente não é claro para os professores e, por conseguinte, é reconhecida a necessidade de o adquirir. Por outro lado, também é preciso “configurar o modo de operacionalizar conteúdos”, o que justifica a pertinência de um formato teórico-prático, tal como referido pela professora. Desta forma, Aúrea refere-se aos formadores como “especialistas teórico-práticos”, o que reflecte o contexto desta formação onde os conteúdos teóricos são introduzidos enquanto os professores realizam atividades práticas *hands-on*. Quanto aos tópicos abordados na formação, a professora reconhece a importância de refletir sobre “temas de Matemática, Ciências e Tecnologia”. Por fim, a professora refere que pretende “projetar um percurso de ensino/aprendizagem da minha turma, com mais qualidade e potenciador do sucesso dos meus alunos”. Esta citação tem a ver com o Conhecimento



Pedagógico, uma vez que o seu objetivo é adequar os Conhecimentos teórico-práticos de forma a torná-los significativos para os alunos. Analisada esta reflexão da professora verifica-se não só a referência a um Conhecimento Teórico especializado, mas também Conhecimento Teórico-prático e, ainda, Conhecimento Pedagógico para transformar os referidos conhecimentos de forma a fazerem sentido para os alunos, promovendo a sua aprendizagem sobre os tópicos abordados. Além disso, tal como acontece com muitos outros professores, a referência aos respetivos alunos, reflete a grande importância que os professores dão aos mesmos, sendo este o motivo pelo qual desejam melhorar as suas práticas letivas.

Na reflexão acima, já foi referido o contexto desta formação onde os conteúdos teóricos são introduzidos enquanto os professores realizam atividades práticas *hands-on*. No excerto seguinte, a professora reforça este aspeto e reconhece que a principal inovação deste modelo de formação tem a ver com a abordagem metodológica usada na mesma, enfatizando a sua grande componente experimental:

A etiqueta dada pelos formadores a esta oficina de formação foi: Matemática, Ciências e Tecnologia: uma abordagem experimental no Ensino Básico. Embora não seja minha intenção começar a dissecá-la, não resisto, preliminarmente, a um breve comentário. Quanto a mim, é exatamente na ação, na abordagem experimental que se centram a inovação e as novas asserções sobre o ensino/aprendizagem das ciências. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

De acordo com Aúrea, a inovação do ensino das ciências consiste nesta abordagem experimental, o que dá a entender que esta não fazia parte das práticas letivas habituais. Mais do que isso, a professora afirma que “muitos dos manuais existentes” não refletem esta abordagem que consiste numa “descentralização da ação do professor do resultado para o processo”:

Deixou de haver, segundo parece, um entendimento didático determinado e enformado por uma série de exercícios pré-estabelecidos e de resultados exatos. Há sim uma descentralização da ação do professor do resultado para o processo e, nesta perspetiva, atrevo-me a dizer que muitos dos manuais existentes não correspondem a esta visão de ensino, porque raramente enfatizam as tarefas propulsoras das verdadeiras caminhadas experimentais. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

No excerto acima, volta a ser referida uma inovação no sentido em que esta formação foge ao típico modelo “enformado por uma série de exercícios pré-estabelecidos e de resultados exatos”. A professora vai ainda mais longe afirmando que “muitos dos manuais existentes não correspondem a esta visão de ensino (...)”, o que dá a entender que há efetivamente necessidade de frequentar este tipo de PDP.

As estratégias de ensino também são valorizadas pela professora. Por exemplo, logo na primeira reflexão apresentada após a primeira sessão presencial de formação, que decorreu em janeiro de 2017, ficaram patentes as perceções relativamente às metodologias e estratégias a implementar com os alunos em aula:

Ficaram subjacentes três ideias transversais: construir modelos mentais que façam sentido; incutir nos alunos o “empoderamento” isto é, levá-los a acreditarem que são capazes de construir a sua aprendizagem e finalmente projetar um ensino baseado em experiências, manipulações e vivências (aliás como foi apanágio desta sessão, onde tivemos vários momentos práticos demonstrativos) que visem “o conceito de raciocínio proporcional que é a ideia mais importante do pensamento matemático” o que é justificável por a matemática ser entendida, por muitos especialistas, como a ciência dos padrões e das regularidades. Registo com muito apreço a abordagem clarividente do formador que promoveu o diálogo entre as metodologias de ensino e as ciências. (Aúrea, Primeira reflexão, janeiro de 2017)

Mais uma vez é feita referência aos alunos, nomeadamente sobre abordagens que os tornem “capazes de construir a sua aprendizagem”; assim como são referidos os “vários momentos práticos demonstrativos” destas abordagens. As perceções da professora estão de acordo com um dos principais objetivos da formação: não uma formação centrada no professor, mas sim no processo de ensino. Esta característica está de acordo com vários estudos que indicam que este modelo de formação, em vez de um modelo centrado no professor, aumenta a probabilidade de estes adotarem formas de ensino mais construtivistas e centradas nos estudantes (OECD, 2014; PRIMAS, 2011). Outro aspeto focado pela professora tem a ver com “a abordagem clarividente do formador” que para além de promover “o diálogo entre as metodologias de ensino e as ciências” também apresentou exemplos práticos demonstrativos das mesmas. Desta forma pode-se identificar algumas das características promotoras da eficácia de um determinado PDP, nomeadamente a “Aprendizagem ativa”, a qual prevê que os professores tenham oportunidade de experimentar o mesmo estilo de aprendizagem que estão a desenvolver para seus alunos (Darling-Hammond et al., 2017).

O excerto seguinte reforça o papel das “tarefas experimentais” e das estratégias de ensino nas aprendizagens dos alunos:

Todas as tarefas experimentais partiram de situações problemáticas que serviram de ponto de partida e de ponto de chegada do processo de ensino/aprendizagem. Na verdade, o trabalho experimental promove nos alunos capacidades de exploração, conjeturas e raciocínio lógico. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

O relatório, da professora Aúrea, reflete alguma experiência em formações anteriores, bem como sobre o processo de ensino. No entanto, ela reconhece que esta formação é inovadora, relativamente às anteriores, dada a forte componente experimental e as metodologias propostas, como indica o seguinte excerto:

Esta formação permitiu não a repetição de ideias e fórmulas feitas, sejam elas da ordem do conteúdo, das metodologias ou dos materiais, mas sim um desenvolvimento de saberes consistentes, construídos a partir da reflexão sobre os materiais e as tarefas apresentadas pelos formadores. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

No excerto acima, é referido que a formação permitiu o “desenvolvimento de saberes consistentes”, os quais foram construídos a partir de uma reflexão quer sobre os materiais quer

sobre as tarefas apresentadas. Este aspeto tem a ver com mais uma das características promotoras da eficácia de um determinado PDP: Feedback e reflexão, a qual implica que seja disponibilizado tempo para os professores refletirem, receberem sugestões e fazerem alterações nas suas práticas (Darling-Hammond et al., 2017).

A professora Aúrea conclui dizendo que esta formação contribuiu para reforçar os seus conhecimentos e melhorar a sua atuação em aula:

Estou certa que reforcei os conhecimentos e a sensibilidade necessária para poder melhorar a minha atuação na sala de aula, utilizando as variações e modelações que me foram oferecidas e que o contexto da turma exigir, no sentido de poder desenvolver nos alunos a ideia que se aprende fazendo e que os erros são competências intermédias para o sucesso. (Aúrea, Relatório final, junho de 2017)

No excerto anterior, fica patente a aquisição de conhecimento para ensinar, quer ao nível das matérias quer pedagógico. O conhecimento dos alunos também é tido em conta, uma vez que há a preocupação de considerar o contexto da turma, assim como de desenvolver as ideias dos alunos. Face ao exposto, a professora salienta este modelo de formação como adequado e inovador, referindo que o mesmo reforçou os seus conhecimentos quer das matérias a ensinar quer pedagógicos, o que irá refletir-se nas suas aulas melhorando as suas práticas de ensino.

Tal como a professora Aúrea, outros professores também referiram a importância deste programa de desenvolvimento profissional e como o mesmo contribuiu para inovar as respetivas práticas letivas. Por exemplo, a professora Marisa, que participou no 2.º e no 3.º ciclo de TDR, destaca uma “intervenção inovadora no ensino experimental das Ciências” que está relacionada com a integração da “teoria e a prática durante a exploração das actividades”:

Tudo o que foi referido anteriormente justifica a pertinência desta acção que conduz os professores a uma intervenção inovadora no ensino experimental das Ciências nos primeiros anos de escolaridade. Importantíssima, já que integra a teoria e a prática durante a exploração das actividades, levando os professores a transferir a aprendizagem do contexto de formação para o contexto de aplicação (sala de aula). (Marisa, 2017)

Na citação acima é mais uma vez referida a integração da “teoria e a prática”, o que dá a entender a importância de haver uma abordagem que as inclua. Além disso, também se verifica que a professora manifesta que esta formação a munuiu de capacidade para aplicar os conhecimentos apreendidos “no contexto de formação para o contexto de (...) sala de aula”. Este aspeto tem a ver com o impacto do contexto formativo nos professores, o qual permitiu que os mesmos conseguissem implementar as abordagens propostas em aula. Deste ponto de vista não só foi adquirido Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK) como também Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK) que permitiu implementar estas práticas com os respetivos alunos. Ora estas são características identificadas na literatura que têm a ver com a eficácia de um programa de desenvolvimento profissional de professores (Darling-Hammond & Richardson, 2009; Desimone, 2009).

Relativamente aos conhecimentos para ensinar assinalados, há a destacar que ambas as professoras (Aúrea e Marisa) fizeram referência à componente teórico-prática e/ou integração da teoria e prática, o que permite identificar um padrão que tem a ver com este contexto formativo específico que tem por objetivo implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM. Deste ponto de vista, as professoras reconhecem a necessidade não só de sólidos conhecimentos teóricos sobre as matérias a ensinar, mas também conhecimento “prático” de forma a implementar as tarefas práticas relacionadas com os tópicos abordados. Além disso, o conhecimento pedagógico é colocado em evidência quando referem que adquiriram capacidade para inovar as suas práticas letivas em aula.

A citação seguinte, da professora Marisa, tem a ver com o formato e modelo da formação:

A ação desenvolveu-se numa forma de oficina de formação onde se pretendeu chamar a atenção para a importância das actividades experimentais no 1º ciclo, motivar os professores mostrando como é fácil realizar actividades motivadoras e facilmente compreendidas pelas crianças por estarem tão relacionada com a vida (Marisa, 2017)

Na citação anterior, a professora utiliza por duas vezes a motivação, a primeira vez relacionada com a motivação dos próprios professores e a segunda relacionada com as atividades que na sua opinião são “motivadoras” para os alunos. Mais uma vez é inevitável a referência ao impacto destas atividades nos respetivos alunos, daí a importância de os professores as reconhecerem como “motivadoras”. No entender desta professora, estas atividades são “facilmente compreendidas pelas crianças por estarem tão relacionada com a vida”, o que também contribui para a eficácia da implementação das mesmas. Este reconhecimento de haver um impacto positivo nos alunos, por sua vez também é um fator de motivação importante para os próprios professores valorizarem este tipo de abordagem, tal como já foi identificado anteriormente.

Do ponto de vista da motivação, a professora Ivete, que também participou nos dois últimos ciclos de TDR, introduz outra dimensão que está relacionada com o incentivo das lideranças. No seu relatório final do 2.º ciclo de TDR (junho de 2017), ela refere que “fui incentivada pela Diretora do meu Agrupamento de Escolas a inscrever-me nesta ação de formação”. Este incentivo teve a ver com o facto de as atividades práticas de ciências serem uma das medidas do “Plano Estratégico de Melhoria da Qualidade de Aprendizagem do Agrupamento”. Este aspeto é importante e também está relacionado com a eficácia do desenvolvimento profissional, uma vez que os professores devem sentir que os seus interesses estão alinhados com as prioridades das respetivas lideranças (Desimone & Garet, 2015). Além disso, verifica-se que quer a Diretora quer a professora reconhecem a necessidade de haver formação nesta área e, por conseguinte, de participar neste programa de formação.

Para além do incentivo da Diretora, a professora manifesta interesse pelo tema da formação:

Estava com grandes expectativas em relação a esta ação de formação, não só por o tema me interessar muito e eu sentir que a mesma me iria proporcionar a aquisição de novos

conhecimentos de ciências pela experimentação em ambiente laboratorial, como também pelo acompanhamento, por parte dos formadores, que sabia que ia ser feito nas aulas com os nossos alunos. (Ivete, 2017)

A professora Ivete sentia necessidade de adquirir “novos conhecimentos de ciências pela experimentação”, o que revela que reconhece a importância de obter conhecimentos relacionados com esta temática. Além disso, destaca que as expectativas também estavam relacionadas com o acompanhamento por parte dos formadores que já sabia que ia receber. De facto, a Diretora deste agrupamento de escolas estava presente no Seminário Regional da Educação, que decorreu em março de 2016, onde foi feita a divulgação da experiência piloto realizada no 1.º ciclo de TDR, e foi uma das diretoras que escolheu este projeto para o plano estratégico do seu Agrupamento. Após a frequência da ação de formação, as suas expectativas iniciais foram correspondidas:

Por tudo o que fui dizendo avalio esta ação de formação como excelente pois, dentro das temáticas escolhidas, não poderia ter sido melhor. O facto de decorrer durante alguns meses, possibilitou-nos irmos pondo em prática o que ia sendo falado nas sessões presenciais. (Ivete, 2017)

Outro aspeto valorizado pela professora tem a ver com “O facto de decorrer durante alguns meses”, o que permitiu implementar em aula o que ia apreendendo nas sessões presenciais. A duração de um programa de desenvolvimento profissional também é referida na literatura como importante para uma formação ser bem sucedida (Desimone, 2009; Desimone e Garet, 2015; Murphy et al., 2015). Por sua vez, o apoio prestado aos professores no decorrer da sua formação também é mais uma das estratégias essenciais apontadas por vários autores (Afonso et al., 2005; Capps & Crawford, 2013; Darling-Hammond et al., 2017). Com este apoio é possível munir os professores de conhecimento de conteúdo sobre as matérias a ensinar e conhecimento pedagógico que lhes confira capacidade para implementarem as novas abordagens em aula (Baxter et al., 2014).

Quanto ao conhecimento especializado para ensinar, a Ivete assume que lhe faltavam alguns conhecimentos, por exemplo relacionados com o som que é um tema que integra os conteúdos curriculares do 4.º ano de escolaridade. Para a professora, “Esta formação possibilitou-me adquirir alguns conhecimentos importantes sobre o som”, e foram “exemplificadas experiências que poderemos fazer em sala de aula”, tal como ilustra o excerto seguinte:

Na terceira sessão, sobre os mistérios do som, foram-nos transmitidos alguns conhecimentos e exemplificadas experiências que poderemos fazer em sala de aula pois, como sabemos, aprende-se mais a fazer do que a ouvir dizer. Embora tenhamos que fazer algumas experiências sobre o som com os alunos do 4º ano (ano que leciono), reconheço que poucos conhecimentos tinha. Esta formação possibilitou-me adquirir alguns conhecimentos importantes sobre o som e despertou em mim a curiosidade de querer saber mais a propósito desta temática. (Ivete, 2017)

A professora revela conhecimento do currículo a ensinar, uma vez que sabia que o som e as experiências sobre o som deviam ser implementados no 4.º ano de escolaridade. No entanto,

reconhece que não tinha conhecimento especializado suficiente para as realizar, pelo que esta formação contribuiu para colmatar essa falha, não só munindo-a de novos conhecimentos mas também despertando a vontade de aprender ainda mais. Apesar de o som integrar o currículo do 1.º CEB, verifica-se que a Ivete reconhece falta de conhecimento especializado para trabalhar este tema em aula. Desta forma, faltava Conhecimento Teórico sobre o som e, ainda, conhecimento especializado para implementar as atividades práticas relacionadas com o som. Ainda no que diz respeito ao conhecimento especializado para ensinar, a Ivete também revela que adquiriu Conhecimento de Conteúdo relacionado com a eletricidade:

Na quarta sessão “Mãos na eletricidade” foi primeiramente feita uma abordagem da história dos fenómenos elétricos antes da sua compreensão e das tentativas que foram surgindo ao longo dos anos, com o intuito de explicar o que é a eletricidade. Fizemos algumas experiências, a pares, relacionadas com esta temática. Usei, pela primeira vez, um multímetro. Depois de partilharmos as conclusões das experiências feitas, fizemos ainda a montagem de um circuito elétrico com a associação de pilhas biológicas em paralelo e experimentámos a inclusão de um componente elétrico, fornecido pela formadora. (Ivete, 2017)

No excerto acima, verifica-se aquisição não só de Conhecimento Teórico específico relacionado com a eletricidade, mas também de um Conhecimento Técnico relacionado com as atividades práticas *hands-on* realizadas. Por exemplo, a Ivete refere que nunca tinha usado um multímetro. De facto, é destacada a componente “prática” deste modelo formativo que envolve a realização de diversas atividades *hands-on* realizadas pelos próprios professores em ambiente colaborativo, onde são partilhadas as experiências e as conclusões sobre as mesmas.

Ainda relativamente à eletricidade, a turma da Ivete recebeu a equipa de formadores para realizar atividades:

No dia 11 de maio, veio trabalhar com a minha turma a formadora (...), acompanhada por dois colegas, professores de Física no IPT. Fizemos experiências com eletricidade e os alunos gostaram mesmo muito. Trouxeram muitos materiais, tinham imenso jeito para falar com os alunos e para os manter envolvidos nas tarefas. Foi uma manhã bem passada e ficou dada essa parte da matéria. Até a pilha biológica, cuja explicação para a sua construção vem no manual dos alunos, houve hipótese de construir, com laranjas. (Ivete, 2017)

A inevitável referência ao interesse dos alunos também aparece no excerto acima. Mais uma vez surge o conhecimento do currículo ao reconhecer que as experiências até constavam da área curricular de Estudo do Meio. Curiosamente revela “ficou dada essa parte da matéria”, o que parece indicar que não desenvolveu mais atividades práticas relacionadas com a eletricidade. De facto, a eletricidade é um dos temas que aparenta ser mais difícil de implementar pelos professores. Apesar de nos manuais escolares haver sugestões de experiências, como é referido pela professora, ela nunca as tinha realizado.

Para além dos aspetos, acima referidos, a promoção da interdisciplinaridade no contexto das atividades práticas de ciências é uma das inovações de práticas letivas apontadas pela professora:

Nem sempre relacionava conteúdos matemáticos com as experiências que os alunos faziam nas aulas, agora já tenho essa preocupação, tal como nos foi sendo exemplificado em todas as sessões desta ação de formação. (Ivete, 2017)

De facto, a professora reconhece que não era habitual promover a interdisciplinaridade com a matemática, mas que a componente exemplificativa deste modelo de formação contribuiu para alterar esse cenário. Por fim a professora valoriza a partilha de boas práticas entre os colegas:

A quinta e última sessão foi dedicada à troca de experiências entre os formandos, com a apresentação dos trabalhos feitos em sala de aula por dois colegas. Tal como as anteriores, esta sessão foi também enriquecedora. (Ivete, 2017)

Os últimos dois excertos revelam duas categorias deste modelo de formação que foram muito valorizadas pelos professores e que contribuem para a inovação das suas práticas: a componente exemplificativa do contexto formativo e a partilha de boas práticas entre os pares. Ao passo que a primeira é referida na literatura que recomenda que os professores devem experienciar o que se espera que venham a desenvolver em aula (Afonso et al., 2005; Ball, 2003; Darling-Hammond et al., 2017); a segunda surge neste contexto de formação que desde o primeiro ciclo de TDR procurou implementar esta estratégia entre os professores.

As revelações da professora Aúrea, assim como de outros professores que participaram no 2.º e 3.º ciclos de TDR, ilustram uma evolução relativamente ao 1.º ciclo de TDR. As inseguranças manifestadas por alguns professores que participaram no 1.º ciclo não foram manifestadas pelos professores que participaram nos ciclos seguintes. Além disso, a forte componente experimental exemplificativa, a interdisciplinaridade e as referências à aquisição de conhecimento, quer das matérias a ensinar quer pedagógico, aumentaram muito, o que revela um maior impacto desta ação na inovação da prática letiva, nos professores que participaram nos ciclos de TDR que decorreram após a realização do primeiro ciclo. Por outro lado, a partilha de boas práticas entre os pares, o impacto nos alunos e a importância de implementar esta abordagem em aula, assim como o apoio prestado pelos formadores nas turmas dos professores são algumas das características que os professores destacaram relativamente a este PDP.

### 5.3 Estudos de caso

Nesta secção, apresentam-se os estudos de caso de alguns professores que participaram no programa de desenvolvimento profissional, com o objetivo de aprofundar a discussão anterior e exemplificar a forma como estes criaram e implementaram atividades práticas *hands-on* nas suas aulas, relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH (Science, Technology, Engineering,

Arts, Mathematics and Heritage - Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática e Património).

### 5.3.1 A professora Luísa

A professora Luísa participou no 1.º ciclo de TDR e trabalhou a matemática a partir de tarefas centradas nos alunos e na vida real. Ao iniciar a formação, a Luísa, tal como os outros professores, 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 neste programa, como por exemplo a eletricidade ou o som (Entrevista, outubro de 2015).

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 práticas e levantou as seguintes questões: “E se os alunos fizerem perguntas e eu não souber responder?” “E se a experiência não decorrer como esperado?”

As preocupações da professora Luísa estão em primeiro lugar relacionadas com o Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK), mas também estão relacionadas com o Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK), uma vez que manifesta insegurança em implementar estas práticas junto dos alunos. Mas, no contexto desta investigação, as inseguranças da professora Luísa estão relacionadas com um conhecimento especializado para ensinar muito específico. De facto, para implementar atividades práticas de ciências, há várias dimensões de conhecimento envolvidas. Em primeiro lugar, surge o Conhecimento Teórico relacionado com as ciências (CTeCi), como por exemplo a eletricidade, som ou astronomia, ao qual a professora chama de “conceitos científicos”. Mas não basta saber teoria para realizar experiências que têm por objetivo promover a aprendizagem dos estudantes sobre os temas de ciências. Há que saber realizar as experiências e para isso é necessário conhecer os equipamentos e materiais necessários para a execução das mesmas. Para além de conhecer os equipamentos e materiais a usar, também é preciso saber como os manipular, de forma a executar as experiências com eficácia. Este conhecimento pode chamar-se de Conhecimento Técnico para realizar experiências relacionadas com ciências (CTecCi), o qual é referido pela professora Luísa como “técnicas associadas aos conceitos científicos”.

Por outro lado, não basta ter conhecimento teórico e técnico para implementar as experiências de ciências nas escolas. Por exemplo, é inquestionável que os cientistas detêm estes dois tipos de conhecimentos para desenvolverem experiências sofisticadas em laboratório, mas isso não significa que tenham a capacidade para as tornar acessíveis de forma a promoverem a



aprendizagem dos estudantes sobre as mesmas. É exatamente aqui que entra o conhecimento pedagógico para ensinar. De facto, um professor, para além de ter conhecimentos específicos sobre a matéria a ensinar, precisa de os saber transformar de modo a torná-los adequados aos seus alunos. Mas, novamente no caso em estudo, também há um conhecimento pedagógico específico para implementar as atividades práticas de ciências. Dentro deste conhecimento, é preciso saber adaptar os conhecimentos teóricos de forma a que sejam acessíveis aos alunos. Mas, não menos importante, é preciso saber implementar as atividades práticas para que sejam significativas para os alunos. Neste sentido, os professores devem ser capazes de conduzir as tarefas de forma a promover a reflexão e a aprendizagem sobre as mesmas, nomeadamente aplicando as estratégias recomendadas como por exemplo o questionamento investigativo. Desta forma, faz sentido introduzir o conhecimento pedagógico específico para tornar os conceitos teóricos sobre ciências adequados e acessíveis aos alunos (CPTeoCi – Conhecimento Pedagógico Teórico sobre Ciências), assim como conhecimento pedagógico específico para introduzir as experiências de forma a serem acessíveis aos alunos e promoverem a aprendizagem dos mesmos sobre os temas abordados (CPTecCi – Conhecimento Pedagógico Técnico sobre Ciências). Ora, estas são dimensões muito específicas deste contexto formativo que não estão apresentadas nos trabalhos de Lee Shulman ou Debora Ball, o que justifica a necessidade de as introduzir nesta investigação (Figura 5.7).



Figura 5.7: Conhecimento para implementar atividades práticas de ciências.

O estudo de Shulman (1986) propõe distinguir três categorias de Conhecimento de Conteúdo (CK – Content Knowledge): Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK – Subject Matter Content Knowledge), Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK – Pedagogical Content Knowledge) e Conhecimento do Currículo (CuK – Curricular Knowledge). A Tabela 5.1 enquadra as novas dimensões, relativas aos conhecimentos específicos para implementar atividades práticas de ciências, nos conhecimentos propostos pelos autores anteriormente referidos (Ball et al., 2008; Shulman, 1986), respeitando as siglas internacionais por eles propostas.

Tabela 5.1: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de ciências.

SMCK		PCK	
CTeoCi	CTecCi	CPTeoCi	CPTecCi

No decorrer da implementação das diversas atividades práticas *hands-on* de ciências, os vários tipos de conhecimento acima definidos (Figura 5.7) vão surgindo sem haver propriamente uma fronteira definida entre eles. Desta forma, a Figura 5.8 propõe uma possível organização destes conhecimentos específicos para introduzir as atividades práticas *hands-on* de ciências no 1.º CEB.

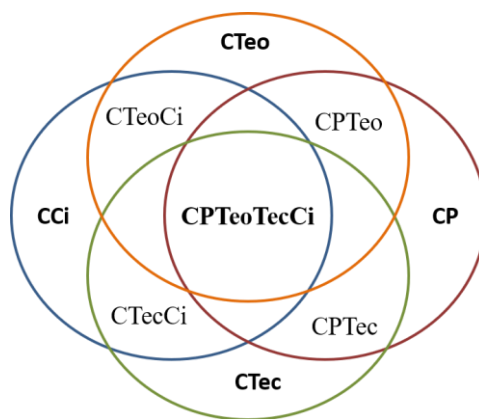


Figura 5.8: Conhecimento para implementar atividades práticas *hands-on* de ciências.

As inseguranças da professora Luísa estavam, em particular, relacionadas com a eletricidade, por receio de não saber como transmitir conhecimentos sobre este tema ou “falhar” na implementação das atividades práticas. Ora, a eletricidade é um dos temas que integram o ensino experimental das ciências, pelo que substituindo “Ci” de Ciências por “El” de eletricidade toda a explicação acima esquematizada aplica-se ao caso particular da eletricidade. Deste ponto de vista, a professora considerava que não detinha CTeoCi nem CTecCi suficiente para ser bem sucedida na implementação das atividades práticas em aula. Dado que lhe faltava desenvolver estes dois tipos de conhecimento, o seu conhecimento pedagógico resultante da sua vasta experiência de ensino (37 anos de serviço), não era suficiente no caso da eletricidade, o que significa que também lhe faltava conhecimento pedagógico específico para implementar tarefas práticas relacionadas com a eletricidade tal como CPTeoCi e CPTecCi.

As preocupações e inseguranças da professora, para introduzir as abordagens propostas, levaram a equipa de formadores a repensar a forma de abordar os conteúdos teóricos e a manipulação das atividades práticas pois percebeu-se que era muito importante adequar a formação aos conhecimentos e às necessidades dos professores, para estes ganharem motivação e segurança para implementarem este tipo de tarefas. Observou-se que os professores dão muita importância ao Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar e que dificilmente irão realizar experiências que envolvam conceitos que não dominam (CTeoCi). Além disso, no caso particular das experiências a realizar, também há o conhecimento técnico a elas associado (CTecCi) e, por fim, um conhecimento pedagógico específico para as implementar com eficácia junto dos alunos: CPTeoCi e CPTecCi.

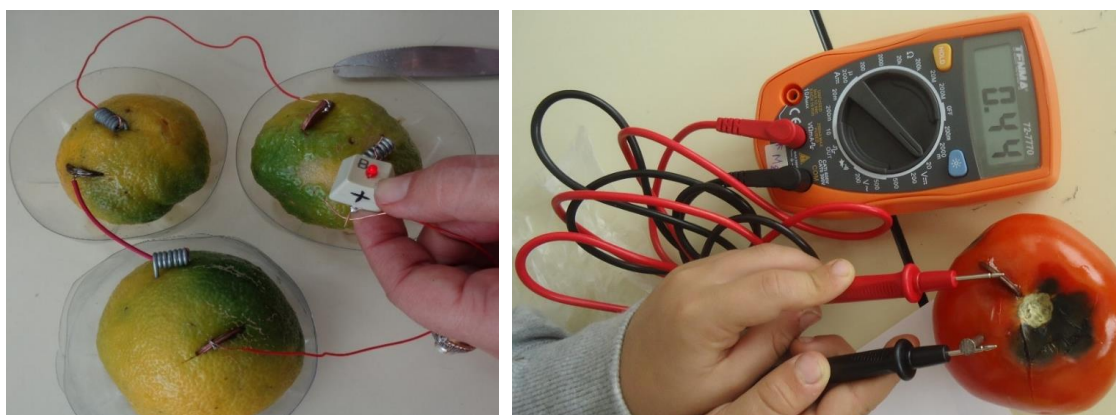


Figura 5.9: Atividades práticas de eletricidade.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Dado o grande empenho da professora Luísa pela aprendizagem e as suas preocupações de Conhecimento de Conteúdo e Conhecimento Pedagógico, ela foi uma das primeiras formandas a ser selecionada para receber os formadores na sua sala de aula, com o objetivo de realizar atividades práticas *hands-on* de eletricidade com os seus alunos. Foram realizadas três visitas (três horas cada uma), sendo implementadas diversas tarefas desde construção de circuitos, eletroímãs, medir diferenças de potencial de pilhas comerciais e pilhas biológicas (construídas com frutas ou legumes), temperatura, entre outras. Os registos das diversas medidas obtidas, foram escritos no quadro para posterior discussão com os alunos da turma. As Figura 5.9 e 5.10 ilustram algumas das tarefas que foram realizadas na primeira sessão com os alunos da professora Luísa.

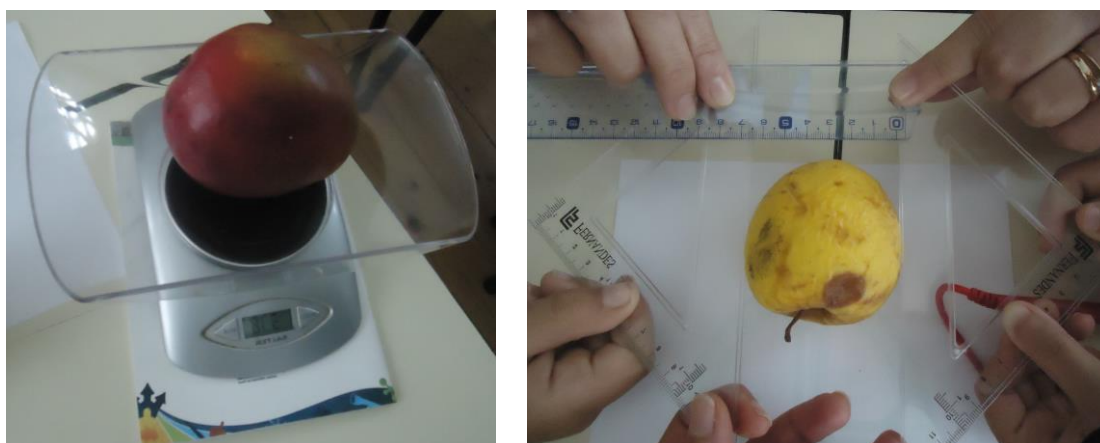


Figura 5.10: Medições do peso e do diâmetro da fruta.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

A primeira visita ocorreu em outubro de 2015. 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 alunos na atividade quer aferindo sobre a compreensão dos temas abordados. Esta postura da professora revela que apesar de não dominar inicialmente os conhecimentos específicos acima discutidos (Figura 5.8), após ter treinado algumas tarefas, na sessão presencial e com a ajuda dos formadores, ela coloca esses conhecimentos em ação, o que mostra que desenvolveu alguns dos conhecimentos que inicialmente não dominava.

No final desta primeira visita, a professora (por sua iniciativa) questionou os alunos relativamente a esta experiência em aula, nomeadamente qual a sua opinião sobre este tipo de tarefas, o que tinham aprendido e o que gostariam de explorar nas próximas experiências. Esta atitude resulta do seu conhecimento pedagógico que faz com que procure entender o impacto destas atividades nos seus alunos.

Os formadores realizaram mais duas sessões, com os alunos da professora Luísa, para implementar mais atividades relacionadas com este tema. As tarefas destas duas sessões não foram trabalhadas nos *workshops* com os professores, mas os formadores também queriam experimentar o impacto das mesmas junto dos alunos. A segunda sessão decorreu no final de outubro e a terceira em novembro de 2015. A Figura 5.11 mostra alguns dos registos dos alunos que foram realizados ao longo das várias sessões. Na Figura 5.12 pode ser observado um eletroímã construído pelos alunos.

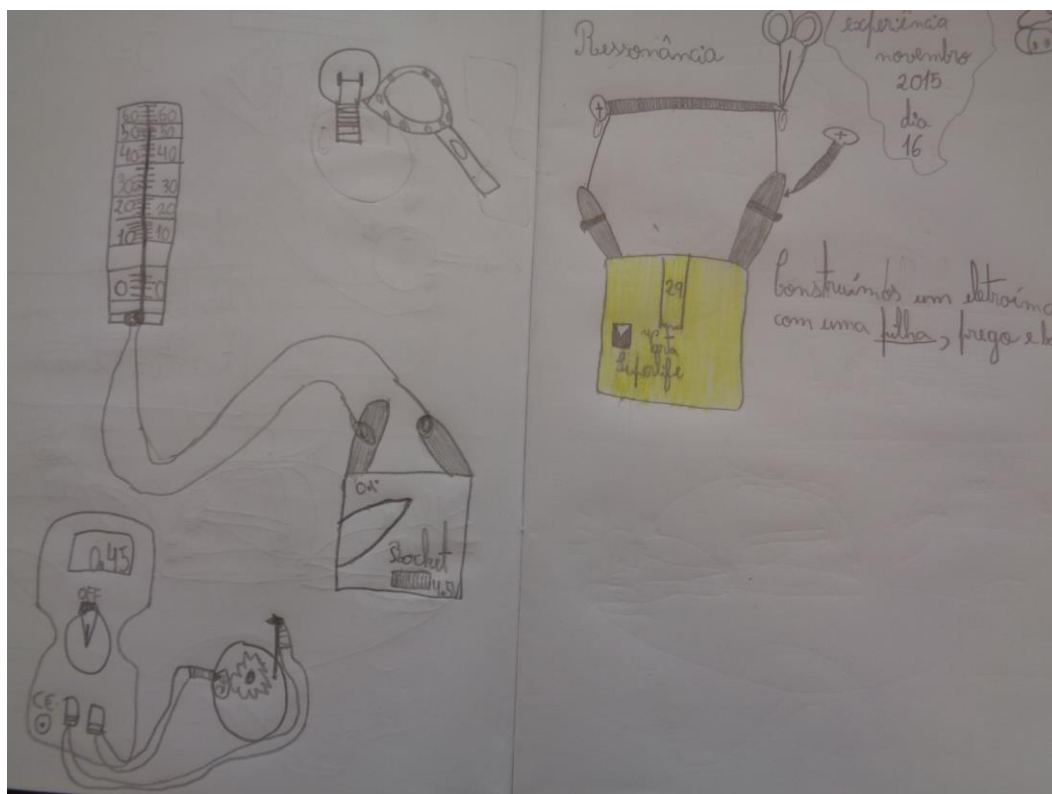


Figura 5.11: Registos de um aluno sobre as tarefas realizadas.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).



Figura 5.12: Construção de um eletroímã.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

No entanto, desta vez, a professora não tinha trabalhado as tarefas no *workshop* destinado à eletricidade, o que significa que as observou pela primeira vez nestas sessões. A postura da professora foi muito diferente, relativamente à primeira visita, desempenhando essencialmente o papel de observadora. Mais uma vez, voltou a manifestar insegurança, dizendo que sem a ajuda dos formadores não seria capaz de implementar aquelas tarefas. 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. Este é mais um aspeto que reforça a importância de munir os professores de conhecimento quer científico quer pedagógico sobre as matérias a ensinar (Figura 5.8). De facto, a aquisição destes conhecimentos por parte dos professores é essencial para os motivar e para ganharem confiança, de forma a conseguirem implementar as práticas letivas propostas.

No decorrer das sessões realizadas na turma da professora, a investigadora sugeriu a utilização dos dados recolhidos, por exemplo as medidas das diferenças de potencial das pilhas, para trabalhar a matemática. Apesar desta sugestão, a Luísa optou por fazer análise e tratamento de dados a partir dos pesos e alturas dos seus alunos. A forma encontrada pela professora, para criar tarefas de matemática relacionadas com a eletricidade, foi propor problemas a partir de uma das experiências realizadas na sua sala de aula, pela equipa de formadores (Figura 5.12). Ao referir “eletroímã” está a mostrar Conhecimento de Conteúdo que adquiriu na formação, mas opta por apresentar exercícios com conteúdos essencialmente de matemática: problemas envolvendo operações, em particular a multiplicação (Figura 5.13).


<p>1. Quando usaste o prego no eletroímã, 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>

Figura 5.13: Tarefa proposta pela professora Luísa.

Fonte: Observação presencial e relatório da professora.

Esta atitude mostra alguma criatividade e autonomia por parte da professora para propor atividades que não são retiradas dos manuais escolares. Também mostra capacidade para adaptar o ensino à realidade dos seus alunos, o que lhe é sugerido quando se realizam atividades práticas. Por outro lado, o facto de não usar os dados registados pelos alunos, relativamente à atividade experimental relacionada com a 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. Esta decisão pode ter a ver com a falta de conhecimento de conteúdo especializado sobre eletricidade (CTeoCi e CTecCi), o que conduz a uma falta de confiança para inovar em aula. Este aspeto 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 práticas de ciências, a professora reconhece que esta formação contribuiu para descobrir novas formas de ensinar matemática (Conhecimento Pedagógico), 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)

(...) 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)

Estas citações dão a entender que a professora atribui uma grande importância ao ensino matemática e que já era habitual usar “situações primordialmente práticas e concretas”. No entanto, com a participação neste programa de desenvolvimento profissional, ela refere inovações na forma de “trabalhar com a matemática”.

Para além de referir novas formas de trabalhar a matemática, a professora reconhece que as tarefas realizadas promovem a motivação dos alunos por esta abordagem:

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)

A citação anterior ilustra mais uma vez a inevitável referência ao impacto desta intervenção nos alunos. De facto, nestas sessões o entusiasmo dos mesmos no decorrer das tarefas é contagiante. Logo na primeira sessão um dos alunos exclamou: “Esta foi a melhor aula da minha vida!” A reação dos alunos pode ser observada nas figuras seguintes. A primeira (Figura 5.14) revela que os alunos estão a gostar da atividade e a segunda (Figura 5.15) mostra que o aluno ficou triste pelas “aulas de eletricidade” terem acabado.



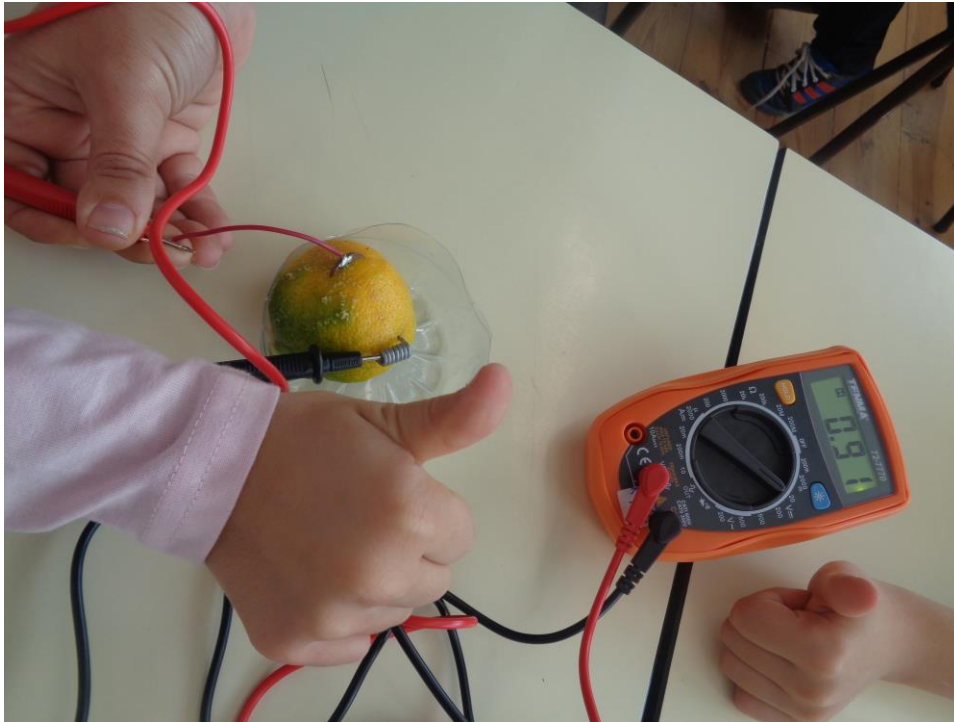


Figura 5.14: Os alunos a manifestarem satisfação durante a realização das tarefas  
Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

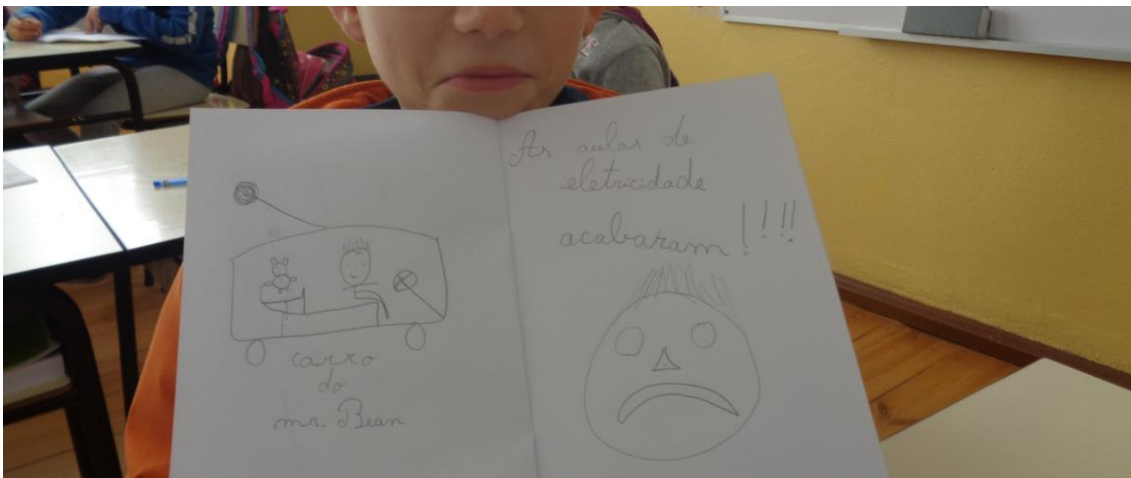


Figura 5.15: O aluno a manifestar pena pelas sessões de eletricidade acabarem  
Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Analisados os dados, verificou-se que a professora Luísa valoriza a cooperação, experimentação bem como as novas abordagens, nomeadamente “novas formas de ensinar a matemática” o que implica Conhecimento de Conteúdo Pedagógico. Verifica-se assim que a Luísa melhorou o seu Conhecimento Pedagógico para ensinar matemática. Também aumentou o Conhecimento de Conteúdo e Conhecimento Pedagógico para ensinar Ciências, mas ainda não

foi o suficiente para propor tarefas práticas relacionadas com a eletricidade, de forma autónoma, havendo por isso necessidade de continuar a promover o seu desenvolvimento profissional.

No início do ano letivo seguinte (2016/2017), e com os alunos no 4.º ano de escolaridade, a professora retomou a atividade de medir as alturas dos seus alunos, com o objetivo de continuar a desenvolver a abordagem trabalhada nos *workshops* de formação e de trabalhar mais conteúdos de matemática a partir desta atividade. A sessão decorreu durante uma manhã (cerca de 3 h de duração) e a investigadora assumiu o papel de observadora tirando notas de campo. A professora iniciou a atividade com uma questão desafio tal como recomendado nas abordagens com questionamento investigativo:

Professora: Hoje vamos ver quem cresceu mais do ano passado para este ano. Como é que vamos descobrir?

Aluno1: Temos que medir as alturas de todos.

Professora: E como é que vamos medir?

Aluno1: Precisamos da fita métrica. Fazemos como no ano passado.

A questão desafio foi facilmente compreendida pelos alunos porque se lembraram que já tinham feito medições das respetivas alturas no ano anterior. Desta forma, a professora passou logo à ação pedindo aos alunos para começarem as medições. Cada aluno dirigiu-se à fita métrica, estendida sobre uma das paredes da sala. De seguida, um colega marcou com uma régua, perpendicular à parede e sobre a sua cabeça, a respetiva altura na fita métrica (Figura 5.16). Depois de verificar quanto media, regressou ao seu lugar para registar a sua altura e responder às questões da ficha preparada para o efeito.



Figura 5.16: Medir e registar a altura

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

O seguinte excerto de um diálogo, entre a professora e uma das alunas, ilustra a forma como a professora ajudou a Ana (nome fictício) a registar a sua altura.

Professora: Vais ter que tirar as botas! Quanto medes?

A aluna contrariada descalça as botas e encosta-se à fita métrica.

Professora: Quanto medes?

Ana: 132 cm. Mas oh professora ... porque é que tive que tirar as botas?



Professora: Calça lá as botas e vai-te medir outra vez. [Pausa] Quanto medes agora?

Ana: 138 cm.

Professora: É a mesma medida? Cresceste agora?

Ana: Não!

Professora: Então donde vem a diferença?

Ana: Ah!!! Já percebi! ... é por causa dos saltos das botas.

Este diálogo mostra que a professora conduziu a aluna de forma a ela própria concluir por que motivo tinha de tirar as botas para recolher a medida correta da sua altura. Este exemplo reflete a importância da estrutura dos diálogos que estão relacionados com as interações entre o professor e o estudante, no decorrer de um processo de questionamento investigativo (Artigue & Blomhøj, 2013).

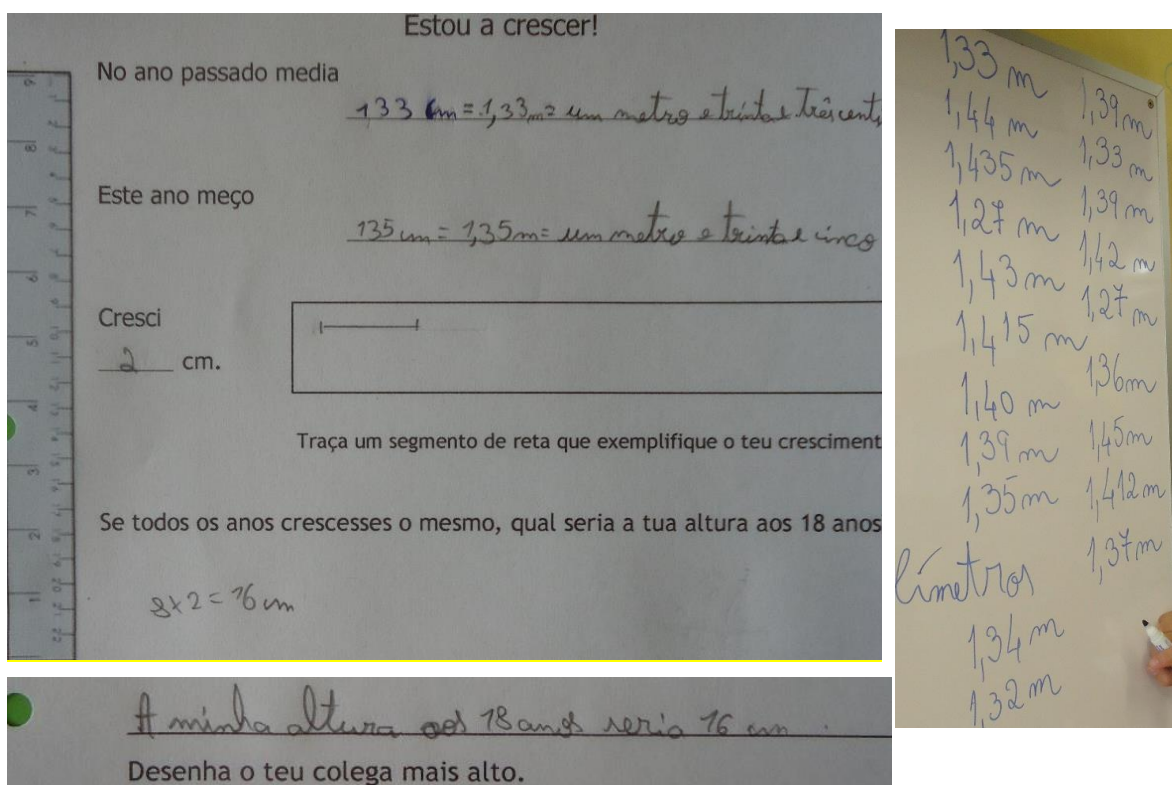


Figura 5.17: Excerto da ficha proposta pela professora e registos das alturas de todos alunos.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Enquanto se faziam os registos das alturas, a professora pediu aos alunos para irem respondendo às questões da ficha (Figura 5.17). Depois de terminadas as medições, a professora disse: “Falta descobrir quem é o aluno mais alto da turma para o poderem desenhar. Se não soubermos as alturas de todos não descobrimos quem é”. Posto isto, a professora registou no quadro as informações fornecidas pelos alunos (Figura 5.17).

Uma das alunas era nova na turma e não sabia a medida da sua altura no ano letivo passado.

Professora: Como é que vamos resolver este problema?

Como não obteve resposta, continuou:

Professora: Vamos atribuir-lhe um crescimento ao calhas? Vamos atribuir-lhe o maior crescimento da turma? Vamos atribuir-lhe o menor crescimento da turma?

Por fim, após alguma discussão com a turma, os alunos concluíram que o melhor era atribuir o valor médio do crescimento da turma, cujo cálculo foi o desafio seguinte. Enquanto a professora conduzia a discussão certificava-se se os alunos estavam a resolver bem as tarefas. Quando alguém tinha dúvidas, ou não interpretava bem o problema, mandava-o ao quadro para expor as dúvidas à turma de forma a resolverem o problema em conjunto. Este é mais um exemplo identificado por Artigue e Blomhøj (2013) que destacam a interação entre o professor e os estudantes e entre os próprios estudantes, no decorrer de um processo de questionamento investigativo.

Enquanto os alunos realizavam as tarefas, a determinada altura, a professora manifestou-se muito surpreendida com algumas das suas respostas à questão relacionada com o traçado de um segmento. Ora, muitos alunos deram uma resposta semelhante à indicada na Figura 5.18.

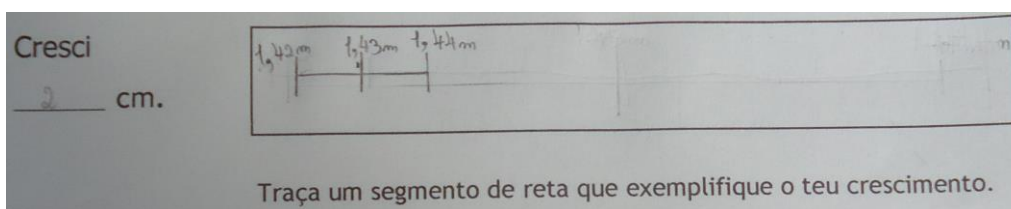


Figura 5.18: Resolução de um dos alunos.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Professora: Agora é que eu estou baralhada com a minha turma! O que é um segmento de reta?

Após alguma discussão manda o Tim ao quadro representar o seu “segmento”.

Professora: O que é que andaste a fazer Tim?! Mas, afinal o que é que traçaste?

Tim: Um segmento, professora.

Professora: Não, Tim! Isso não é um segmento. São dois segmentos! Traça lá um segmento!  
Turma, ajudem o Tim a traçar um segmento!

Mais uma vez com uma discussão que envolveu toda a turma, finalmente perceberam como traçar um segmento de reta. Na entrevista semiestruturada, após esta aula, a professora voltou a manifestar a sua surpresa com a confusão dos seus alunos relativamente ao conceito de segmento: “Não é possível! Eu trabalhei muito bem a geometria e os meus alunos nunca se enganaram, antes, a traçar segmentos!” Após alguma discussão lá se concluiu que uma coisa é traçar segmentos numa aula destinada a esse tema, outra coisa muito diferente é traçar num contexto de medições onde sugestionados pela régua e fora do contexto habitual da geometria, onde foram introduzidos os segmentos, confundiram este conceito. Esta é mais uma situação que sugere a importância de colocar os alunos a pensar “fora da caixa”. É normal os alunos resolverem corretamente os

exercícios no contexto onde esse tópico é introduzido e, fora desse contexto, não conseguem fazer a ligação com conhecimentos anteriormente adquiridos. De facto, num contexto de medições desenharam o que representava a medida do seu crescimento em vez de um segmento que correspondesse a essa medida (Figura 5.18).

Em resumo, a professora Luísa conseguiu propor e implementar tarefas baseadas em dados da vida real e centradas nos seus alunos, explorando o seu espírito investigativo e propondo questões cuja resolução envolve a matemática. Quando necessário, a professora conduziu os alunos com o objetivo de estes chegarem às suas próprias conclusões. Além disso, promoveu a cooperação entre os alunos lançando desafios à turma para em conjunto resolverem os problemas, tal como recomendado na literatura, no que diz respeito ao recurso ao questionamento investigativo, como estratégia de ensino para implementar tarefas em aula (Artigue & Blomhøj, 2013). Verificou-se que a Luísa detém Conhecimento Pedagógico, resultante da sua experiência de ensino, que lhe permite adequar as tarefas aos alunos da sua turma. 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 a que cada um conseguisse concretizar com sucesso as tarefas solicitadas. Nos casos em que um ou outro aluno não estava a compreender, ou apresentava uma resolução incorreta, mandava o aluno ao quadro para resolver os problemas e a resolução do mesmo era discutida com a turma, no sentido de chegar à solução pretendida. No entanto, continuou a faltar conhecimento especializado necessário para implementar atividades práticas *hands-on* de ciências (Figura 5.8).

No final do 1.º ciclo de TDR, a professora Luísa foi uma das professoras que aceitou que o seu trabalho fosse partilhado com os colegas, mas com a condição de ser a investigadora a apresentá-lo, uma vez que se recusou a levantar-se do local onde estava sentada junto dos mesmos. Segundo a professora, ela não se sentia à vontade para fazer uma apresentação em frente aos seus pares. No entanto, aceitou o desafio de fazer um Poster, com a atividade que desenvolveu com os alunos, no âmbito do encontro nacional da APM (Associação de Professores de Matemática), relativo aos primeiros anos, desde que não tivesse que o apresentar perante uma plateia. Esta foi a primeira vez que realizou um Poster para ser apresentado numa conferência, a qual decorreu em novembro de 2016. A partilha das práticas desenvolvidas é um dos objetivos da metodologia de TDR, pelo que estes dois momentos de partilha são concretizações importantes deste objetivo.

### 5.3.2 A professora Mariana

A Professora Mariana participou na formação que decorreu nos 1.º e 2.º ciclos de TDR. No ano letivo 2015/2016, os formadores deslocaram-se à sua sala para realizarem atividades práticas *hands-on* relacionadas com o som. Nesta sessão, os formadores usaram o questionamento investigativo como uma ferramenta para conduzir os alunos nas tarefas, levando-os a experimentar e a discutir ideias com vista a tirar possíveis conclusões. Durante esta intervenção, a professora assumiu uma postura de observadora, atenta às atividades realizadas pelos

formadores com os alunos e tirando várias fotografias. No decorrer desta sessão, a investigadora aproveitou para realizar uma entrevista informal. Quando questionada sobre as atividades que costumava implementar com os alunos, a professora revelou que gostava de fazer algumas tarefas relacionadas com as propostas no livro de Estudo do Meio, embora não fossem iguais às trabalhadas nesta formação. A investigadora sugeriu que ela implementasse algumas dessas atividades no âmbito da formação que estava a decorrer e que as colocasse no relatório final para dar conta do trabalho desenvolvido com os alunos.

No seu portefólio, entregue no final do ano letivo, a maioria das tarefas indicadas estavam relacionadas com o som, mas também havia tarefas relacionadas com a eletricidade. No último grupo focal onde foi divulgado o trabalho da professora aos colegas, esta explicou que combinou com os seus alunos as experiências que íam realizar e que também foi combinado o material que cada um ía trazer para as realizar. Por exemplo, no caso da eletricidade, alguns dos materiais trazidos pelos alunos foram fruta, uma balança digital, um carro telecomandado e fios elétricos. Esta atitude da professora mostra que desenvolveu um trabalho colaborativo com os seus alunos, o que revela conhecimento pedagógico para ensinar. As figuras seguintes mostram algumas das experiências propostas e realizadas pela professora. No Anexo C encontram-se mais algumas propostas de tarefas realizadas pela professora.

#### **1ª Experiência**

Colocar 8 frascos em fila; deitar lá dentro água com corante a alturas diferentes de modo a que a altura do ar dentro dos frascos crie diferentes sons.

#### **2ª Experiência**

Atar uma das colheres a meio do fio. Passar as extremidades do cordão por trás das orelhas, segurando-as e tapando os ouvidos com as pontas dos dedos. Deve, em seguida, inclinar-se para a frente para que a colher suspensa possa oscilar livremente. Pedir a outro colega para dar uma pequena pancada na colher suspensa com a outra colher. Escutar com atenção o som produzido pelo choque das colheres e que foi ouvido através do fio.

#### **3ª Experiência**

Esticar a folha de plástico de forma a cobrir uma lata redonda e grande.

Prender o elástico à volta do bordo da lata, mantendo o elástico esticado.

Polvilhar a pele do teu tambor com uma colher de chá de açúcar. Segurar no tabuleiro perto do tambor e bate-lhe com força com a colher de pau.

#### **4ª Experiência**

Dispor na mesa o relógio, a placa refletora e os tubos. Deixar um espaço entre a placa e as extremidades dos tubos; colocar numa extremidade de um tubo o relógio e no outro o ouvido, em posição tal que ouça nitidamente o tiquetaque.

Figura 5.19: Atividades práticas propostas pela professora Mariana.

Fonte: Relatório da professora.

### 6ª Experiência

Abanar a sineta fora e dentro de uma tina com água.

Verificar a propagação do som.

Registrar as observações.

### 9ª Experiência

Construção de um circuito elétrico com uma pilha biológica – ligar a ponta de dois fios elétricos a um limão/maçã e a outra a uma balança digital

Aplicar a mesma experiência a um carro telecomandado.

Figura 5.20: Atividades práticas propostas pela professora Mariana (Cont.).

Fonte: Relatório da professora.

As figuras seguintes mostram algumas das atividades sobre o som realizadas pela professora Mariana na sua aula. Por exemplo, a Figura 5.21 mostra a experiência da colher e do fio com os ouvidos tapados. A Figura 5.22 mostra a experiência de ouvir o tiquetaque do relógio e a de ouvir a sineta fora e dentro da água.



Figura 5.21: Experiências sobre o som realizadas pela professora Mariana.

Fonte: Relatório da professora.



Figura 5.22: Experiências sobre o som realizadas pela professora Mariana (Cont.).

Fonte: Relatório da professora.

A Figura 5.23 mostra mais algumas atividades, realizadas pela professora Mariana e algumas das questões colocadas por ela para despertar a curiosidade e a reflexão dos alunos sobre as mesmas.

<p>Porque é que o açúcar salta quando se bate na chapa de metal?</p>	<p>Porque se ouvem diferentes sons a partir dos frascos? Será que as cores têm influência nos sons produzidos?</p>

Figura 5.23: Atividades práticas relacionadas com o Som, implementadas pela professora Mariana.

Fonte: Relatório da professora.

As questões colocadas pela professora, tal como exemplificado na figura anterior (Figura 5.23), mostram que a mesma introduziu as tarefas recorrendo a um dos métodos do questionamento investigativo, no qual se procura promover a reflexão e a discussão dos alunos sobre as tarefas desenvolvidas. Abaixo encontram-se mais algumas questões colocadas pela professora aos alunos:

- O som do tiquetaque do relógio altera-se ou não?
- Quando bates no tabuleiro, o metal vibra?
- Ouve-se o som quando o diapasão não vibra?
- Quando colocas o diapasão a vibrar na água o que acontece?
- Que meio atravessa o som do diapasão até chegar aos nossos ouvidos?



- O som da sineta dentro e fora de água é diferente?

Apesar de a eletricidade não ter sido trabalhada pelos formadores na aula da Mariana, ela conseguiu criar e implementar algumas tarefas, em aula, relacionadas com este tema. As tarefas escolhidas estavam relacionadas com a utilização de pilhas biológicas para colocar equipamentos a funcionar como por exemplo relógios e carros telecomandados (Figura 5.24).

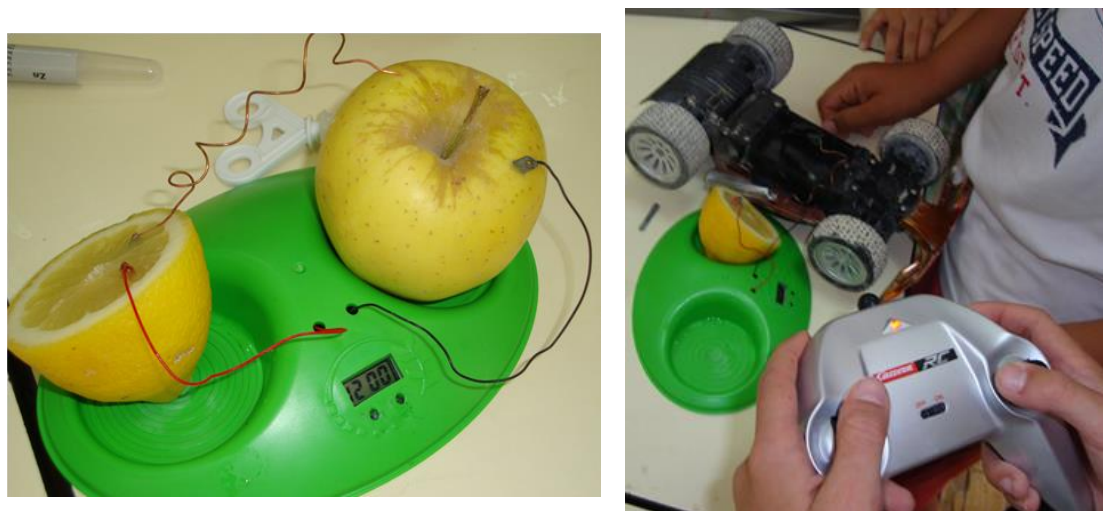


Figura 5.24: Atividades práticas relacionadas com a eletricidade.

Fonte: Relatório da professora.

As experiências de eletricidade realizadas pela professora revelam que esta adquiriu algum Conhecimento de Conteúdo especializado relacionado com a eletricidade (CTeoCi e CTecCi) para conseguir explicar aos seus alunos em que consistia uma pilha biológica e como a construir. Também se notou o seu Conhecimento Pedagógico sobre os respetivos 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 realizadas em aula consistiu em colocar uma balança digital a funcionar com uma pilha biológica construída com uma maçã e um limão, a qual foi realizada com sucesso (Figura 5.24). Outra tarefa consistiu em tentar colocar um carro telecomandado a funcionar com uma pilha biológica, construída com metade de um limão, 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, também mostra que lhe faltou Conhecimento Teórico especializado para implementar as tarefas com eficácia (CTeoCi). Mesmo vendo que não funcionava, a Mariana não soube explicar aos alunos o motivo pelo qual isto aconteceu. E o motivo está relacionado com a falta de conhecimento teórico específico (CTeoCi) sobre as características das pilhas de modo a que estas colocassem o carro a funcionar. Apesar de saber montar o circuito (CTecCi), a pilha construída não fornecia energia suficiente para colocar o carro a funcionar.

As últimas experiências realizadas pela professora, revelam a importância de os professores adquirirem Conhecimento de Conteúdo específico sobre a matéria a ensinar, de modo a conseguirem implementar atividades práticas de ciências com eficácia (CTeoCi e CTecCi). Por outro lado, também mostram a necessidade do acompanhamento de formadores com conhecimentos científicos sobre os temas abordados, nomeadamente em aula, para apoiar os professores promovendo o seu conhecimento especializado para realizar estas abordagens. Apesar de faltar à Mariana o conhecimento teórico, relacionado com a eletricidade, ela estava convencida que o tinha e, por esse motivo, não teve receio de realizar as experiências com os alunos. Este é mais um aspeto que parece indicar que quando os professores sentem confiança para ensinar acabam por revelar conhecimento pedagógico para implementarem novas tarefas em aula, pelo menos no caso em que têm uma experiência baseada em vários anos de serviço. Deste ponto de vista, para esta intervenção ser eficaz, os dados indicam que é fundamental os professores adquirirem em primeiro lugar, conhecimentos teóricos sólidos relacionados com os tópicos abordados (CTeoCi), seguidos de conhecimento técnico para realizarem as atividades práticas (CTecCi) com eficácia. No caso em que os professores têm vários anos de experiência de ensino, quando os conhecimentos anteriores estão bem consolidados, o conhecimento pedagógico acaba por se revelar de forma a tornar os conhecimentos anteriores acessíveis aos alunos. Assim, no contexto particular da última tarefa realizada pela professora, parece haver uma hierarquia de conhecimentos aparentemente necessária à implementação com eficácia da referida tarefa (Figura 5.25). Com esta hierarquia não se pretende de forma nenhuma ir contra à organização ilustrada na Figura 5.8, onde se prevê que os vários conhecimentos possam surgir sem fronteiras definidas. De facto, esta proposta diz respeito a esta tarefa em particular realizada pela professora Mariana, sendo necessário mais investigação para aferir se pode ser generalizada no contexto da realização de atividades práticas *hands-on* de ciências.

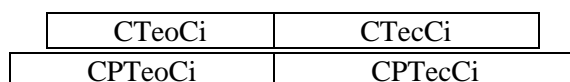


Figura 5.25: Conhecimento específico para implementar atividades práticas *hands-on* de ciências.

Quanto às estratégias de ensino, usadas pela professora, esta recorreu ao questionamento investigativo para implementar as tarefas relacionadas com o som. O questionamento investigativo foi observado nas várias questões colocadas pela professora para despertar a curiosidade dos seus alunos e, também, para os conduzir no decorrer das tarefas, com vista à aprendizagem (Figura 5.23). Nas entrevistas realizadas à Mariana (último grupo focal, março de 2016), ela referiu que esta formação melhorou as metodologias que habitualmente usava, nomeadamente a introdução de estratégias de ensino que reconhece serem eficazes para promover a aprendizagem dos alunos. A Mariana propôs, ainda, fichas de trabalho para aferir os conhecimentos dos alunos, sobre o que foi trabalhado em aula, de acordo com o sugerido pelos formadores. No anexo C encontram-se algumas das fichas aplicadas pela professora aos alunos, as quais ela incluiu no seu relatório final.



Apesar de ter realizado várias experiências em aula, a Mariana identifica algumas dificuldades relacionadas com falta de conhecimentos, no seu relatório final: “(...) falta de preparação dos professores para desenvolverem esta metodologia e a falta de conhecimentos/fundamentação científica que promove a nossa insegurança”. Nestas citações estão contemplados os conhecimentos identificados na Tabela 5.1. Quando fala em conhecimentos científicos está a referir-se ao CTeoCi. A professora reconhece que a falta deste conhecimento é responsável pela “insegurança” dos professores no que diz respeito à implementação das atividades práticas de ciências. Por outro lado, quando fala em “falta de preparação” para as realizar está a referir-se ao CTecCi. A ausência destes conhecimentos, ou a insegurança dos professores sobre os mesmos, faz com que, por sua vez, estes não consigam usar os seus conhecimentos pedagógicos, resultantes da sua experiência letiva para implementar estas abordagens em aula. Mais uma vez, este aspeto justifica a importância de os formadores serem especialistas nas áreas em causa, detendo conhecimentos teóricos e técnicos especializados sobre os temas abordados nos *workshops*, de forma a conseguirem transmitir estes conhecimentos com rigor aos formandos.

Apesar de ainda assumir algumas inseguranças, a professora 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 Conhecimento Pedagógico desta professora, nomeadamente o Conhecimento Pedagógico dos alunos e dos seus processos de aprendizagem (Ponte, 2012), 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)

A interdisciplinaridade também é referida pela professora Mariana no seu relatório final. Neste sentido, ela destaca competências que poderão ser exploradas em várias áreas curriculares tais como o Português, Matemática, Cidadania e dá exemplos de como isso poderá ser feito:

Português, recolhendo informação em textos sobre os assuntos em discussão, descrevendo uma ou mais experiências que efetue, utilizando vocabulário científico, partilhando saberes...

Matemática, construindo e interpretando gráficos, tabelas, cálculos, ... (Relatório final, junho 2016)

Apesar de referir a interdisciplinaridade no seu relatório, a professora não mostrou evidências de tarefas onde esta tenha sido implementada com os seus alunos. Tal como a professora Luísa, a Mariana também identifica algumas dificuldades na promoção da educação em ciências:

(...) nas nossas escolas a educação para a ciência não se está a realizar da melhor maneira devido a vários fatores dos quais salientaremos alguns como: a falta de materiais

que permitam realizar eficazmente trabalho prático experimental, não permitindo a inovação nas práticas pedagógicas que deverão estar subjacentes à inovação. (Relatório final, junho 2016)

A Mariana também participou no 2.º ciclo de TDR. Neste 2.º ciclo, mostrou um aumento do seu Conhecimento de Conteúdo sobre Ciências, bem como Conhecimento Pedagógico para ensinar Ciências, tendo desenvolvido um trabalho colaborativo com as suas colegas ao preparar as atividades práticas em grupo, as quais foram ainda mais diversificadas do que no ano letivo anterior. No entanto, as suas tarefas não foram das que mais se destacaram no que diz respeito à integração dos vários tópicos relacionados com as STEM, neste segundo ciclo, pelo que se optou por apresentar os estudos de caso de outros professores que apresentaram tarefas mais inovadoras e integradoras das STEM. Termina-se, assim, a apresentação do seu estudo de caso com alguns excertos do seu relatório final, apresentado no final do 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; (...) (Relatório final, junho 2017)

No excerto acima, verifica-se que a professora refere um aprofundamento de conhecimentos não só dela, em particular, mas dos professores em geral. Além disso, reconhece que com os conhecimentos adquiridos é possível “melhorar as nossas práticas”, o que revela impacto do programa de desenvolvimento profissional nas suas práticas letivas. A citação seguinte volta a salientar os alunos como o público final a quem se destina esta intervenção pedagógica:

(...) 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)

De facto, a professora destaca “o gosto pelas ciências nas crianças”, “a experimentação e observação de fenómenos do quotidiano” e “o pensamento crítico, dedutivo e criativo dos alunos”. Além disso, refere que “são facilmente explicáveis em termos científicos”, o que revela que ela entende que adquiriu conhecimento especializado para introduzir esta abordagem. Por fim, o seu conhecimento pedagógico revela-se ao destacar os seus alunos e que é possível tornar o conhecimento especializado acessível aos mesmos.

Em resumo, notou-se uma evolução nos conhecimentos (Conhecimento de Conteúdo especializado para ensinar ciências e Conhecimento Pedagógico) da professora Mariana ao longo da formação recebida e na forma como ela recorreu a estes conhecimentos, para o desenvolvimento de tarefas em aula. Os dados apresentados mostram a importância do Conhecimento de Conteúdo especializado para ensinar ciências (CTeoCi e CTecCi) e do Conhecimento Pedagógico (CPTeoCi e CPTecCi), para a implementação das atividades práticas

relacionadas com ciências. No caso particular de algumas tarefas parece haver uma hierarquia de conhecimentos específicos que é necessária de forma a implementar as abordagens com eficácia (Figura 5.25). Por outro lado, continua-se a defender que os vários conhecimentos possam surgir sem fronteiras definidas tal como ilustrado na Figura 5.8. De facto, os vários conhecimentos vão sendo colocados em ação dependendo da natureza das tarefas implementadas.

### 5.3.3 A professora Manuela

A professora Manuela participou na formação nos anos letivos 2016/2017 e 2017/2018 (2.º e 3.º ciclos de TDR). Em ambos os ciclos, a professora escolheu trabalhar a astronomia com os seus alunos. Ao longo de cada ano letivo, após cada *workshop* dedicado a um determinado tema, foram pedidas reflexões e/ou propostas de tarefas para implementar em aula, relacionadas com os tópicos abordados no mesmo. No seu relatório, após o primeiro *workshop*, que foi dedicado à astronomia (realizado em janeiro de 2017), a professora Manuela reconhece que ganhou Conhecimento de Conteúdo relacionado com a astronomia e a matemática, bem com Conhecimento Pedagógico para implementar as práticas em aula:

(...) tenho a salientar novos conhecimentos que adquiri em relação a algumas características da Terra, noções matemáticas, acontecimentos históricos e teorias pedagógicas. (...) (1.º Relatório, 25/01/2017)

Para além do Conhecimento de Conteúdo relacionado com a matéria a ensinar tal como exemplificado no excerto acima: “novos conhecimentos (...) algumas características da Terra, noções matemáticas (...)”; a professora também refere que adquiriu Conhecimento Pedagógico necessário para adequar as práticas aos alunos. Os conhecimentos referidos pela professora estão enquadrados, em primeiro lugar, no Conhecimento Teórico para ensinar, neste caso Ciências (CTeoCi) e também Matemática (CTeoM), os quais podem ser representados por CTeoCiM. Para além disso, a professora refere “teorias pedagógicas”, o que significa que ela entende que adquiriu conhecimento especializado para implementar em aula os “novos conhecimentos” que aprendeu (CPTeoCiM). No mesmo relatório, a professora refere a componente prática desta formação, nomeadamente a implementação de atividades práticas, exemplificadas pelo formador de astronomia:

As práticas que o formador aplicou (exercício do relógio, a modelagem da Terra e da Lua, as medições) foram uma forma de demonstrar que as interações na sala de aula contribuem para um ambiente pedagógico-didático melhorando três estratégias de sala de aula: o questionar, o responder e o utilizar materiais que facilitem a compreensão. (1.º Relatório, 25/01/2017)

Estas “práticas” que foram demonstradas pelo formador estão relacionadas com o Conhecimento Técnico para implementar atividades práticas em aula, neste caso atividades que promovem a interdisciplinaridade entre as ciências e a matemática. Por este motivo, este novo conhecimento técnico interdisciplinar pode ser representado por CTecCiM. Quando a professora escreve “ambiente pedagógico-didático” está-se a referir ao conhecimento pedagógico para

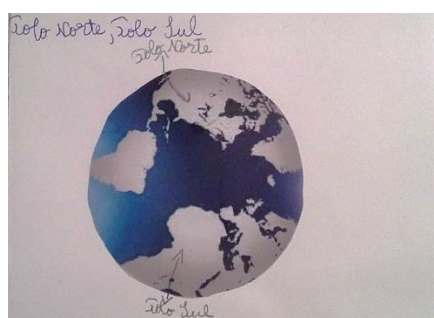
adequar os conhecimentos anteriores aos seus alunos pelo que estes serão agora representados por CPTeCiM e CPTecCiM. Estas novas designações estão relacionadas com uma dimensão importante deste trabalho que é a interdisciplinaridade. De facto, neste 2.º ciclo de TDR, esta dimensão finalmente ganhou visibilidade nas tarefas implementadas por vários professores como é o caso da professora Manuela. No segundo relatório entregue após o segundo *workshop*, que foi realizado em fevereiro de 2017, a professora apresentou propostas de atividades interdisciplinares para implementar durante 5 sessões distribuídas por 5 dias. Numa primeira entrevista informal, após este segundo relatório, realizada no final do terceiro *workshop* (em fevereiro de 2017), a professora Manuela revelou que as atividades que preparou foram inspiradas na formação recebida. Como tinha introduzido na sua aula conceitos relacionados com a grandeza dos números (na ordem dos milhões) e as medições com a régua e com o compasso, procurou que estes aspetos constassem das tarefas agora propostas, relacionadas com a matemática e com recurso à astronomia. No final da entrevista, a investigadora pediu para assistir às suas aulas e a professora não só concordou, como pareceu satisfeita por poder contar com este apoio. De seguida, dá-se conta de como a professora conduziu algumas dessas sessões em aula.



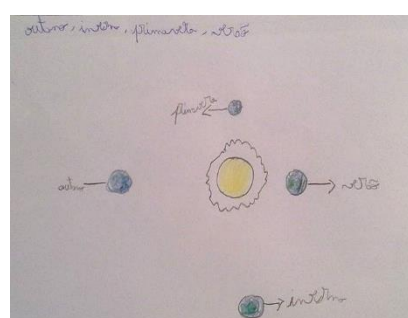
“O Sol põe-se e nasce no mesmo sítio”



“A Terra é maior porque tem muitas pessoas.”



“O Polo Norte é em cima e o Polo Sul é em baixo.”



“Quando é verão a terra está mais perto do Sol”

Figura 5.26: Perceções dos alunos sobre a Terra, a Lua e o Sistema Solar.

Fonte: Relatório da professora.

Na primeira sessão, a professora começou por solicitar aos alunos representações visuais dos seus conhecimentos, sobre a relação entre o tamanho do Sol, da Lua e da Terra; bem como o trajeto do movimento da Terra à volta do Sol, o local onde o Sol nasce e onde se põe e, ainda, identificar o Polo Norte e o Polo Sul no globo terrestre, entre outras. A Figura 5.26 mostra desenhos feitos pelos alunos, os quais permitem identificar algumas das suas perceções

relativamente ao que lhes foi solicitado. As duas sessões seguintes foram dedicadas a analisar o trabalho desenvolvido na primeira sessão, procurando aprofundar e ensinar conteúdos relacionados com este tema. Uma das preocupações foi a de corrigir algumas das perceções que não correspondiam à realidade e que foram diagnosticadas na primeira sessão. Alguns destes exemplos encontram-se representados na Figura 5.26. Como estratégia de ensino também recorreu à visualização de filmes sobre o Sistema Solar (Paxi, 2016) que tem a duração de cerca de 5 minutos.

Para preparar as primeiras lições, a Manuela usou Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK) relacionado com Ciências (Sistema Solar), o qual se enquadra nos já referidos CTeoCi e CTecCi (Tabela 5.1). Por outro lado, a forma como conduziu as tarefas e as implementou em aula também revela bons conhecimentos pedagógicos, o que não é de estranhar porque, assim como as restantes professoras, tem uma vasta experiência de ensino (28 anos de serviço). No entanto, no caso particular da implementação de atividades práticas de ciências, a professora usou novas “teorias pedagógicas” tal como referiu no seu primeiro relatório (excerto acima). Alguns exemplos destas estratégias estão relacionados com o pedir aos alunos para fazerem desenhos para depois discutir as perceções dos mesmos sobre os conceitos a lecionar, de modo a promover a aprendizagem significativa, assim como exemplificado nos *workshops*. O contexto formativo também é referido num dos excertos do seu primeiro relatório, nomeadamente o “ambiente pedagógico-didático” que permite melhorar as “estratégias de sala de aula: o questionar, o responder e o utilizar materiais que facilitem a compreensão”. Ora estes aspetos dão a entender que também adquiriu CPTeoCi e CPTecCi (Tabela 5.1), tal como se irá ilustrar ao longo deste estudo de caso com a descrição das tarefas implementadas por esta professora.

Mas, para além dos conhecimentos acima referidos, a professora também usou Conhecimento Tecnológico (TK) para encontrar mais informações sobre o Sol e os planetas, bem como para promover a aprendizagem sobre os mesmos (visualização do vídeo). Além disso, as artes foram usadas logo na primeira sessão quando pediu aos alunos para desenharem as suas perceções relativamente ao Sistema Solar. Com a introdução da tecnologia e das artes nas tarefas implementadas em aula verifica-se um enriquecimento da interdisciplinaridade promovida pela professora. Como a Engenharia tem a ver com a capacidade de projetar e resolver problemas, pode-se afirmar que a professora está a integrar as STEAM. Deste ponto de vista, no contexto particular da realização de atividades práticas relacionadas com as STEAM pode-se introduzir os conhecimentos específicos para as implementar com eficácia, estendendo os conhecimentos da Tabela 5.1 à introdução das STEAM de forma integrada (Tabela 5.2).

Tabela 5.2: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de STEAM.

SMCK		PCK	
CTeoSTEAM	CTecSTEAM	CPTeoSTEAM	CPTecSTEAM

A forma como a Manuela transformou o seu conhecimento especializado (CTeoSTEAM e CTecSTEAM) de modo a adequá-lo aos seus alunos revela Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (Shulman, 1986, Mishra et al., 2006), o qual no contexto desta investigação é representado por: CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM. Em resumo, para preparar as suas primeiras lições, a Manuela revelou vários conhecimentos especializados como os indicados na Tabela 5.2. Na quarta sessão, a professora conduziu as atividades, com os alunos organizados em grupos de quatro. A cada grupo foi entregue um guião e uma ficha de trabalho relacionados com os conteúdos abordados. O Sol, com 50 cm de diâmetro, foi desenhado numa cartolina amarela. Um retângulo em papel com 15 cm × 110 cm foi recortado para colocar os planetas (Figura 5.27).

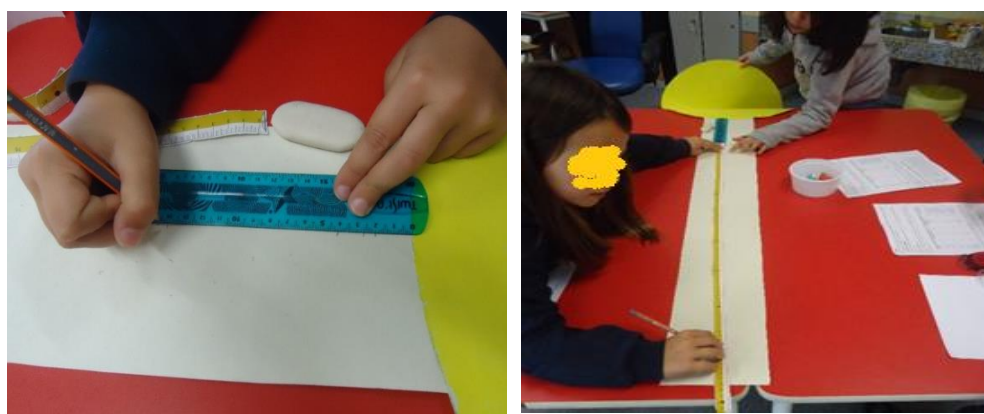


Figura 5.27: Marcação dos raios das órbitas dos planetas.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

A professora pediu aos alunos para marcarem as distâncias, relativas aos raios das órbitas dos planetas, no retângulo de papel branco, de acordo com os dados indicados na tabela que integra uma ficha de trabalho (Figura 5.27). Abaixo segue um pequeno extrato dos diálogos entre a professora e os alunos, o qual reflete a forma como as tarefas foram conduzidas na aula:

Aluno 1: Mercúrio está a 2 cm.

Aluno 2: Agora marca Vénus a 2,7 cm.

Aluno 3: Marte está a 25 cm. Olha! Não dá com a régua!!!

Aluno 4: Usa a fita métrica.

Depois de marcados os raios das órbitas de todos os planetas passou-se à modelação dos mesmos. Os planetas foram construídos pelos alunos, respeitando a escala e as cores indicadas na tabela da ficha (Figura 5.28).



Figura 5.28: Modelação dos planetas.

Fonte: Observação da aula (fotos da investigadora).

Os planetas mais pequenos foram modelados com plasticina de acordo com as cores indicadas. Os maiores, como é o caso de Júpiter e Saturno, foram desenhados num papel com a ajuda de um compasso e posteriormente pintados de acordo com a cor indicada. A professora orquestrou o trabalho dos alunos promovendo a sua autonomia:

Professora: Vamos fazer Mercúrio com um bocadinho de preto, ... 2 mm... vejam no paquímetro o tamanho: é muito, muito pequenino.

[A professora confirma com o paquímetro se as dimensões dos planetas, modelados pelos alunos estão corretas]

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

Aluno: São Júpiter e Saturno.

Professora: Qual é o seu diâmetro?

Aluno: Não sei!

Professora: Vê na tabela que está na folha que vos dei.

Aluno: Ah! O Júpiter tem 6 cm e o Saturno tem 5 cm.

Professora: O que é o diâmetro? [A professora desenha uma circunferência no quadro e traça o diâmetro da mesma]

Professora: Se Júpiter tem 6 cm de diâmetro, vamos abrir o compasso com quanto? Júpiter é no papel. Vamos abrir o compasso em quanto?

Aluna: 6 cm.

Professora: Não! 6 cm é o diâmetro. [A professora volta ao quadro para explicar o que é o diâmetro.] Oh Carolina, se vais traçar a circunferência, vais abrir o compasso de que tamanho? Do tamanho do diâmetro?

Aluna: Ah! Não! É do raio. São 3 cm.

Professora: Muito bem!

O diálogo acima exemplifica a forma como a Manuela integrou Ciências, Artes e Matemática na mesma tarefa e como foi capaz de transformar Conhecimento de Conteúdo especializado para ensinar, o que mostra novamente Conhecimento de Conteúdo Pedagógico,

agora relacionado com Ciências, Arte e Matemática. Tal como referido por Shulman (1986), o Conhecimento Pedagógico inclui todas as formas de apresentar e representar os tópicos, de forma a torná-los compreensíveis para os alunos.

Depois de todos os planetas moldados e colados nas marcações assinaladas, os vários modelos com o Sol e planetas, construídos pelos alunos, foram afixados na parede da sala para todos os alunos os poderem observar (Figura 5.29).

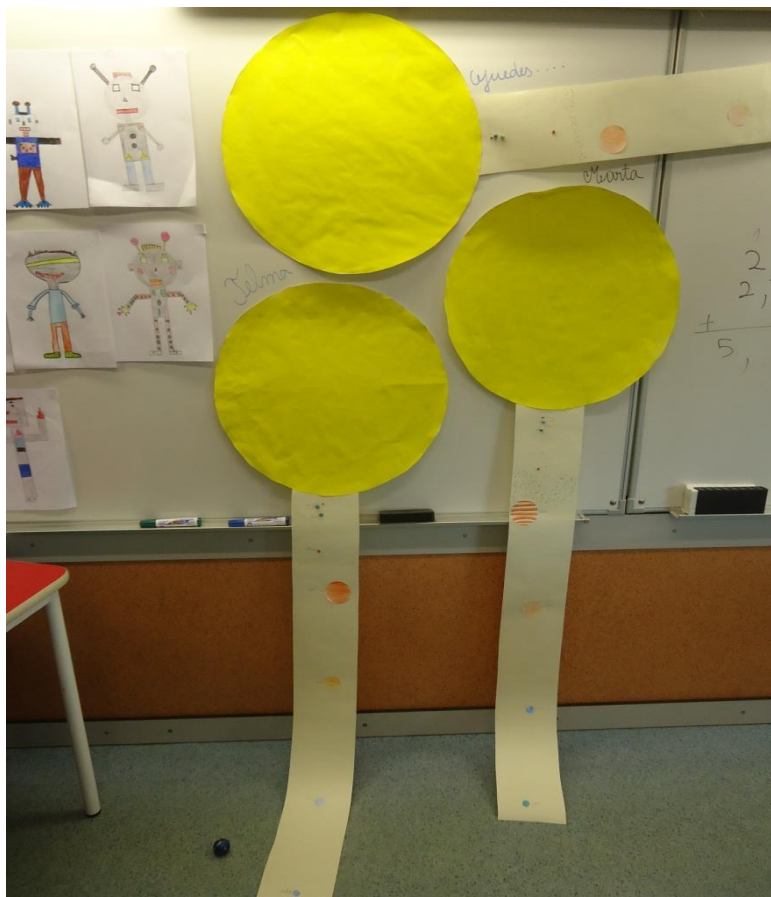


Figura 5.29: Modelos do Sistema Solar.

Fonte: Observação da aula (fotos da investigadora).

De seguida, a professora procurou aferir se havia diferenças relativamente às perceções iniciais dos alunos.

Professora: Qual a diferença entre o que desenharam antes e o que fizeram agora?

Alunos: As cores! Nomes dos planetas. A ordem dos planetas.

Professora: Carolina mais diferenças! Ali os planetas estão muito chegados uns dos outros. [A professora aponta para os primeiros desenhos feitos pelos alunos]

Aluna: Agora estão mais afastados. [Referindo-se à modelação realizada na aula]



Professora: Alguns meninos escreveram que os planetas andavam às cambalhotas. É assim?

Alunos: Não! Andam à volta do Sol.

No diálogo acima está, mais uma vez, posto em evidência o Conhecimento Pedagógico da professora que procura aferir sobre as aprendizagens dos seus alunos, a partir das sessões realizadas sobre o Sistema Solar. Após a discussão anterior, a professora pediu, ainda, aos alunos para resolverem um conjunto de exercícios apresentados na ficha de trabalho inicialmente distribuída. A ficha continha uma grelha com as seguintes informações: distância dos planetas ao Sol em milhões de km, quantos dias demora a translação de cada planeta em torno do Sol, velocidade dos planetas, quantos dias ou horas demora a rotação dos planetas, diâmetro e temperatura média dos planetas (informações obtidas com recurso à Internet). Algumas das questões da ficha são as seguintes:

1. Coloca por ordem crescente o nome dos planetas em relação ao seu diâmetro no equador em km.
2. Calcula a quantos quilómetros se encontra o planeta Neptuno do planeta Terra.
3. Quantas horas demora o planeta Mercúrio no seu movimento de rotação?
4. Quantos metros tem o diâmetro no equador, o planeta Terra?
5. Se a velocidade dos planetas fosse a metade do que está representado na grelha, qual seria a velocidade de cada um deles?

A Figura 5.30 mostra respostas dos alunos a algumas questões colocadas pela professora na ficha de trabalho, nomeadamente colocar o nome dos planetas por ordem crescente em relação ao seu diâmetro, e exercícios que envolvem cálculos tais como adições e multiplicações.

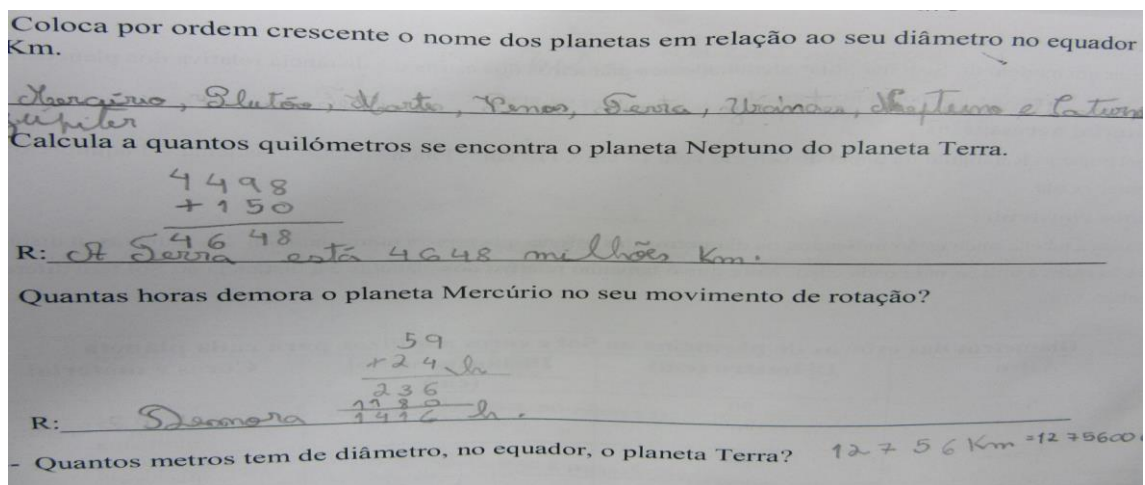


Figura 5.30: Resolução de alguns dos exercícios propostos.

Fonte: Relatório da professora.

A Figura 5.31 mostra resoluções dos alunos relativamente à questão n.º 5: Se a velocidade média dos planetas fosse metade do que está representado na grelha, qual seria a velocidade de cada um deles?

Mercúrio	Vénus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Úrano	Neptuno
48 Km/h	35 Km/h	31 Km/h	24 Km/h	13 Km/h	10 Km/h	6 Km/h	5 Km/h
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
$48:2=24$ $40+8$ $\downarrow:2 \quad \downarrow:2$ $20+4=24$	$35:2=17,5$ $30+5$ $\downarrow:2 \quad \downarrow:2$ $15+2,5=17,5$	$31:2=15,5$ $30+1$ $\downarrow:2 \quad \downarrow:2$ $15+0,5=15,5$	$24:2=12$ $20+4$ $\downarrow:2 \quad \downarrow:2$ $10+2=12$	$13:2=6,5$ $10+3$ $\downarrow:2 \quad \downarrow:2$ $5+1,5=6,5$	$10:2=5$ $10$ $\swarrow:2 \quad \searrow:2$ $5 \quad 5$	$6:2=3$ $6 \times 2$ $12$ $12:3=4$ $6$ $6:3=2$	$5:2=2,5$ $5$ $\swarrow:2 \quad \searrow:2$ $2,5 \quad 2,5$

Figura 5.31: Resolução de alguns dos exercícios propostos.

Fonte: Relatório da professora.

A resolução anterior apresenta estratégias para realizar a divisão, introduzidas nas metas curriculares (MEC, 2013), sem recorrer necessariamente ao algoritmo da divisão. Este é mais um exemplo que ilustra como a matemática é trabalhada através de cálculos.

Nesta última sessão, a professora começou por realizar tarefas de carácter exploratório, introduzindo a astronomia e recorrendo à matemática para fazer a modelação do Sistema Solar, nomeadamente traçando circunferências e modelando planetas de acordo com os dados. Para esta tarefa, os alunos tiveram que perceber qual a relação entre o raio e o diâmetro de uma circunferência ou de uma esfera. Após a modelação, a professora acabou por trabalhar a matemática recorrendo a tarefas que estão incluídas na categoria dos exercícios. No final desta sessão, foi realizada uma entrevista semiestruturada, onde a professora reforçou que criou a atividade inspirada na formação e recorrendo à *Internet*, tal como tinha sido exemplificado no *workshop* de astronomia. Além disso, ela refere que: “desta forma, os alunos participam mais ativamente e aprendem melhor (...)” (Entrevista, 5/05/2017).

A professora Manuela implementou atividades práticas relacionadas com a astronomia, onde aparentemente tudo correu de acordo com o planeado. Mas, uma análise mais fina dos dados levou à conclusão que as distâncias dos planetas ao Sol não estavam à escala, de acordo com os tamanhos reais dos planetas e do Sol. Quando a investigadora referiu esta situação à professora, ela ficou surpreendida porque achava que a tabela fornecida aos alunos tinha os dados à escala. Ela referiu que tinha retirado os dados na *Internet* e que pensava que os mesmos estavam à escala. Este é mais um aspeto que reforça a importância da supervisão dos formadores, para garantir que seja corretamente adquirido o CTeoCi especializado. No entanto, mesmo faltando algum CTeoCi

especializado, como é o caso da modelação do Sistema Solar à escala, isso não a impediu de implementar as tarefas que desenhou. Desta forma, a professora foi capaz de usar o Conhecimento Técnico para implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEAM (CTecSTEAM) não dominando na totalidade o Conhecimento Teórico relacionado com as dimensões do Sistema Solar. No entanto, para implementar uma tarefa com eficácia junto dos alunos é crucial transmitir os conhecimentos com rigor para não se correr o risco de certas perceções que não correspondem à realidade perdurarem. Deste ponto de vista é crucial munir os professores de Conhecimento Teórico especializado, para os conceitos serem transmitidos com rigor aos alunos. No entanto, na verdade não é possível fazer uma representação do Sistema Solar à escala numa sala de aula porque ou os planetas mais pequenos ficavam quase invisíveis ou então, de acordo com a sua distância ao sol, as respetivas órbitas ficariam fora da sala. De facto, era necessário prescindir desse rigor para fazer esta modelação. Apesar disso, é importante transmitir esse rigor aos alunos mesmo não sendo possível exemplificá-lo em sala de aula. A fim de melhorar esta perceção, a professora disse que podia realizar as tarefas que faltavam implementar no ginásio da escola, onde haveria mais espaço para fazer uma modelação mais próxima da escala real.

A 5.<sup>a</sup> sessão foi realizada duas semanas mais tarde no ginásio da escola e visava analisar o movimento de translação dos planetas em torno do Sol e a respetiva velocidade média. Para implementar as tarefas, os alunos foram organizados em 8 grupos, representando cada grupo um dos 8 planetas. A cada grupo foi entregue uma ficha com alguns dados sobre os planetas, nomeadamente raios das órbitas e respetivas velocidades médias em torno do Sol. O círculo central do ginásio representava o Sol. Os planetas, previamente desenhados, pintados e recortados foram identificados pelos alunos e colocados pela respetiva ordem, de acordo com a sua localização relativamente ao Sol. A professora Manuela começou por pedir ao grupo do Mercúrio para vir traçar a respetiva órbita com giz no chão do ginásio. Com uma fita métrica começaram por marcar pontos, que representavam o raio da órbita, enquanto os colegas de grupo os uniam para traçar a órbita. (Figura 5.32).



Figura 5.32: Marcação da órbita dos planetas recorrendo a uma fita métrica.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

De seguida, foi a vez do grupo de Vénus e assim sucessivamente. Uma vez desenhadas as órbitas, os planetas (previamente desenhados) foram alinhados de acordo com a sua posição em relação ao Sol. Cada planeta tinha uma corda cujo comprimento era proporcional à respetiva velocidade média (Figura 5.33). Quanto maior a velocidade, maior o comprimento da corda. Um elemento de cada um dos grupos ficou responsável por conduzir o respetivo planeta ao longo da órbita de acordo com as indicações da professora.



Figura 5.33: Os planetas com as cordas (esquerda) e a “corrida” (direita).

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

A professora explicou que cada vez que tocasse o apito (duração de cerca de um segundo) os alunos avançavam com o respetivo planeta, ao longo da órbita, a distância correspondente ao comprimento da corda. Enquanto o colega do grupo avançava com o planeta em torno do Sol, os restantes colegas ficavam encarregues de contar o número de apitos da professora. Depois das explicações, a professora começou por colocar algumas questões como se exemplifica de seguida:

- Professora: Qual o planeta que vai chegar primeiro?  
Aluno1 : Sei lá!  
Aluno2 : É o Mercúrio. Não vês que tem a corda maior?  
Aluno3: E também tem a órbita mais pequena!

Após alguma discussão, deu-se início à respetiva “corrida” coordenada pelo som do apito. Todos os planetas começaram alinhados. Quando o Mercúrio atingiu um quarto de volta a professora mandou parar e perguntou ao grupo:

- Professora: Quantos apitos foram dados até Mercúrio dar um quarto de volta?  
Aluno: Foram 7.

Quando Mercúrio completou a primeira volta a professora coloca novas questões. O mesmo para Vénus e para os planetas seguintes. Quando finalmente Neptuno atingiu um quarto de volta:

- Professora: Quantos apitos foram dados até Neptuno dar um quarto de volta?  
Aluno: Foram 10.

A atividade continuou, com os restantes planetas, quase até ao final da aula. Por fim, a professora fez uma reflexão com os alunos sobre o que aprenderam e pediu para resolverem alguns exercícios, relacionados com o que foi trabalhado. Nesta sessão, a professora desenvolveu tarefas de matemática de carácter investigativo, uma vez que esta foi usada para concretizar o desenho das órbitas e para simular a velocidade dos planetas, em torno do Sol.

Em resumo, muitas das tarefas apresentadas pela professora Manuela nas fichas de trabalho estão incluídas na categoria dos exercícios. No entanto, dada a forma como estas aulas foram orquestradas antes da resolução destes exercícios, considera-se que algumas das tarefas iniciais foram de natureza exploratória e investigativa. Neste sentido, os alunos concretizaram tarefas interdisciplinares guiados pelas indicações da professora que intervinha, sempre que necessário, para aferir sobre se estavam a ser bem executadas ou para introduzir conteúdos de matemática, necessários para a boa execução dos trabalhos. Um exemplo é a explicação relativamente ao diâmetro da esfera que os alunos confundiram com o raio. Verifica-se, assim, que a professora Manuela trabalhou a matemática de forma integrada com as ciências, desenvolvendo tarefas de carácter exploratório e investigativo mas, ao mesmo tempo, focou-se em tarefas de cálculo, recorrendo a exercícios para a sistematizar conceitos matemáticos. Além disso, as tarefas envolveram diversos domínios desde Números e Operações, Geometria e Medida e Organização e Tratamento de Dados.

No final da formação a professora Manuela apresentou o seu relatório final (2/06/2017), o qual para além de ilustrar muitas das tarefas que realizou com os respetivos alunos, mostra o impacto que a formação teve nas práticas letivas realizadas, bem como nas metodologias de implementação das mesmas:

A prática desta Ação de Formação permitiu-me apreender novos percursos de aprendizagem no que respeita à diversidade de temas abordados, tendo em conta: a organização de atividades propostas; a valorização dos conhecimentos dos alunos; a criação de linhas de orientação e o reconhecimento de alguns materiais, capazes de melhorar as competências inerentes às aprendizagens das Ciências Experimentais.

Tal como outros professores, a professora Manuela também refere o interesse dos alunos pelos tópicos e pela forma como estes foram abordados:

Toda a formação acabou por nos auxiliar a investir na abordagem de temas curriculares, de uma forma diferente, em contexto de sala de aula, onde os alunos demonstram um interesse extraordinário e revelam-se muito determinados para a realização das tarefas propostas.

No excerto acima, a professora reconhece que este contexto formativo permitiu inovar as suas práticas uma vez que a levou a abordar os “temas curriculares, de uma forma diferente,”. Além disso, a Manuela considera que esta abordagem é mais vantajosa uma vez que promove o interesse e o empenho dos alunos na realização das tarefas propostas.

A interdisciplinaridade que já foi observada nas suas aulas também é referida no relatório, indo para além dos tópicos relacionados com as STEM:

É de salientar também que as atividades que desenvolvi com os meus alunos tiveram uma relação com todas as áreas disciplinares (interdisciplinaridade): Matemática, no que respeita aos domínios dos Números e Operações, Geometria e Medida e Organização e Tratamento de Dados; Português, na construção de textos; Expressões, no que respeita à moldagem e à pintura; Estudo do Meio, onde foram abordados conteúdos programáticos relacionados com o Sistema Solar e “À Descoberta dos Materiais e Objetos” e Cidadania que visou contribuir para a formação de pessoas responsáveis, autónomas, que conhecem e exercem os seus deveres em diálogo e no respeito pelos outros.

O apoio prestado pelos formadores também foi muito valorizado pela professora:

Também enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram assim como a atenção e a valorização do que lhes foi apresentado.

A citação acima confirma a perceção da investigadora que tinha entendido que a professora acolhera com agrado o acompanhamento das atividades nas suas aulas. Mais um aspeto que confirma a importância do apoio dos formadores em aula. Neste apoio, as visitas às aulas dos professores, para realizar diversas atividades práticas, também são destacadas:

Para mim, também foi inédito, numa ação de formação os formadores deslocarem-se à escola para, junto dos alunos, desenvolverem atividades e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante para os alunos.

Mais uma vez, é referido um aspeto inovador deste contexto formativo que consiste no apoio dos formadores nas turmas dos formandos. Finalmente, o ambiente colaborativo desenvolvido, nomeadamente a partilha de boas práticas entre os participantes nesta formação constitui um aspeto muito positivo que também é reconhecido por esta professora:

A partilha de materiais, ideias e atividades foi, quanto a mim, um ponto muito positivo assim como a envolvimento prática de todos os elementos constituintes desta formação: formadores, formandos e alunos.

A professora Manuela também participou no 3.º ciclo de TDR, no ano letivo seguinte (2017/2018). A investigadora sugeriu que a professora fizesse uma modelação do Sistema Solar na sua escola à escala, com o Sol com 1 m de diâmetro, à semelhança da modelação feita na cidade de Tomar (Costa & Silva, 2016). Nesta proposta o Sol seria colocado na escola e os planetas na localidade onde se incluía a escola. Para escolher o local onde colocar os planetas de acordo com a sua distância orbital ao Sol, os alunos tinham que procurar no património da sua localidade monumentos ou locais que se encontrassem nas órbitas dos planetas.

A tabela seguinte (Tabela 5.3) apresenta um resumo dos conteúdos, relacionados com as tarefas implementadas pela professora Manuela, destacando Ciências, Tecnologia, Artes, Matemática e Património. Nesta tabela não se inclui a Engenharia porque esta aparece na projeção e na implementação de todas as tarefas por exemplo desde o planeamento à execução da modelação do Sistema Solar. Verifica-se, assim, que a professora Manuela desenvolveu tarefas



relacionadas com as STEAMH, as quais implementou com os seus alunos, no âmbito da sua formação.

Tabela 5.3: Conteúdos das tarefas implementadas pela professora Manuela.

<b>Ciências</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Artes</b>	<b>Matemática</b>	<b>Património</b>
Astronomia: Sistema Solar.	Computador, Internet, video, Wikipédia.	Desenhar e pintar as ideias e perceções sobre o Sistema Solar. Desenhar e pintar o Sol e os planetas maiores. Modelar os planetas com plasticina.  Teatro representando o Sistema Solar para a comunidade.	A partir de um mapa local, usar a sua escala para descobrir por onde passam as órbitas dos planetas e decidir onde os colocar. Trabalhar escalas, distâncias e tamanhos relativos. Movimentos de rotação e de translação.	Investigar a existência de monumentos inseridos no património local e descobrir informação sobre os mesmos.

A Manuela foi uma das professoras que partilhou o seu trabalho com os colegas, no final de cada um dos dois ciclos de TDR em que participou. Além disso, também aceitou o desafio de apresentar o seu trabalho à comunidade no âmbito da conferência “Matemática, Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências” que decorreu no dia 14 de março de 2018 (Dia Internacional do  $\pi$ ). Nesta conferência, onde os pais dos alunos também estiveram presentes, (MCT, 2018), a Manuela apresentou uma encenação, com a sua turma, sobre o trabalho que desenvolveu sobre o Sistema Solar, na qual os alunos mostraram as suas aprendizagens relacionadas com este tema (Figura 5.34).



Figura 5.34: Apresentação do trabalho sobre o Sistema Solar pela turma da professora Manuela.

Fonte: Relatório da professora.

Face ao exposto verificou-se que a professora Manuela ganhou Conhecimento de Conteúdo e Conhecimento Pedagógico para implementar atividades relacionadas com as STEAMH. Estes conhecimentos são reconhecidos pela própria nas suas reflexões e também são visíveis no trabalho que desenvolveu com os alunos. Tendo em conta a particularidade de estes conhecimentos estarem enquadrados num contexto de atividades práticas *hands-on*, mais uma vez faz sentido referir o conhecimento específico assinalado na Tabela 5.2 que agora se estende às STEAMH (Tabela 5.4).

Tabela 5.4: Dimensões de conhecimento para implementar atividades práticas de STEAMH.

SMCK		PCK	
CTeoSTEAMH	CTecSTEAMH	CPTeoSTEAMH	CPTecSTEAMH

Dado que os vários conhecimentos dos professores surgem no decorrer das várias tarefas sem haver propriamente uma fronteira definida entre eles, tal como apresentado anteriormente na Figura 5.8, propõe-se agora estender ao modelo apresentado na figura seguinte (Figura 5.35).

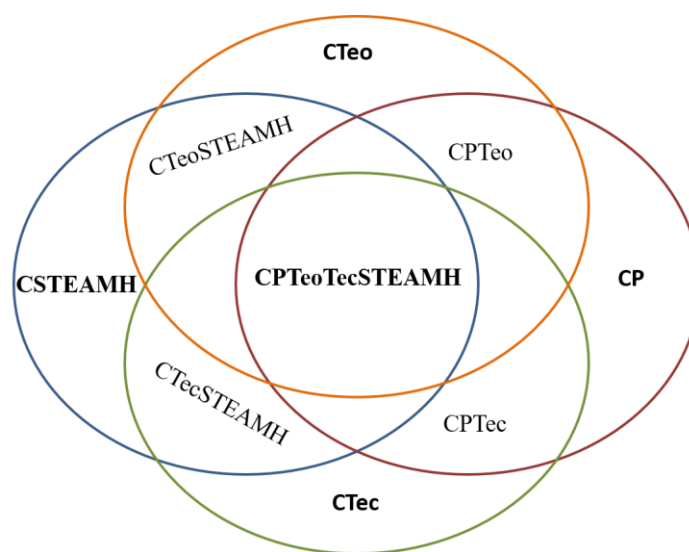


Figura 5.35: Conhecimento específico para implementar atividades práticas de STEAMH.

O programa de desenvolvimento profissional teve impacto nesta professora que ganhou novos conhecimentos e inovou as suas práticas letivas criando e implementando atividades que não faziam parte da sua prática habitual. Em resumo, verificou-se que a professora Manuela adquiriu conhecimento de conteúdo relacionado com os temas abordados e que adquiriu capacidade para implementar diversas atividades interdisciplinares relacionadas com as STEAMH, as quais se encontram incluídas nos conteúdos curriculares do 1.º CEB. Neste contexto, a Manuela usou conhecimento específico relacionado com as STEAMH (CTeoSTEAMH e CTecSTEAMH) e teve capacidade para o transformar de modo a adequá-lo



aos seus alunos revelando o seu Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK), o qual nesta investigação é representado por CPTeOSTEAMH e CPTecSTEAMH.

#### 5.3.4 A professora Marina

A professora Marina participou na formação e escolheu trabalhar o tópico do som nos anos letivos 2016/2017 e 2017/2018. Como, no ano letivo 2016/2017, o professor Anacleto não tinha turma atribuída, preparou as lições em conjunto com a colega Marina, as quais foram implementadas com os alunos desta. Em aula, com os alunos, os professores introduziram o tema com a seguinte questão: “O que é o Som?” Os alunos deram algumas respostas tais como: “O que ouvimos”, “Barulho que ouvimos”, “Barulhos que fazemos” e “O que distinguimos com os ouvidos”, entre outras respostas.

Depois de recolhidas as opiniões dos alunos, os professores conduziram os mesmos na procura de respostas às questões colocadas, recorrendo aos seus dicionários e à pesquisa na *Internet*. Por exemplo, na Wikipédia aparece a seguinte definição: “É uma onda longitudinal que se propaga de forma circuncêntrica em meios materiais (sólidos, líquidos ou gasosos)”. Apesar de esta não ser uma definição adequada a alunos deste nível de escolaridade, o objetivo dos professores foi o de desenvolver práticas investigativas com os seus alunos. Por outro lado, também mostra que os professores adquiriram Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar, nomeadamente Conhecimento Teórico relacionado com o som (CTeOci), de forma a desenvolverem este tipo de tarefas com os alunos. Além disso, os professores mostraram algumas imagens e vídeos que ilustravam a propagação do som como uma onda, para assim dar significado à definição anterior. Esta abordagem recorre a recursos tecnológicos e, por conseguinte, está a ser usados Conhecimento Tecnológico (TK – Technological Knowledge) tal como introduzido por Mishra et al. (2006). Por outro lado, a preocupação de dar significado à definição anterior, e a forma como o fizeram, revela que os professores são detentores de Conhecimento de Conteúdo Pedagógico que usaram para tornar o conhecimento acessível aos seus alunos. Desta forma, os professores estão a colocar em ação diversos tipos de conhecimento, nomeadamente CTeOci, CPTeOci e TPK (Technological Pedagogical Knowledge).

Após mais alguma discussão de ideias sobre o que é o som, a aula continuou com a introdução de mais conceitos relacionados com este tema e usando o mesmo tipo de abordagem. Desta forma, os professores colocaram mais questões tais como:

Para que serve o som?

Como se produz?

O que produz o som?

Quanto à primeira questão, algumas das respostas dos alunos foram as seguintes: “Para falarmos”, “Para comunicar”, “Para sabermos informações”, “Para aprendermos”. Quanto à segunda questão: “Pela boca”, “Pela garganta”, “Por objetos”, “Pelo corpo”. No que diz respeito ao que produz o som, para além de ouvirem algumas das respostas dos alunos, os professores

pediram para estes fazerem desenhos sobre o que produzia o som. Alguns destes desenhos encontram-se na Figura 5.36.

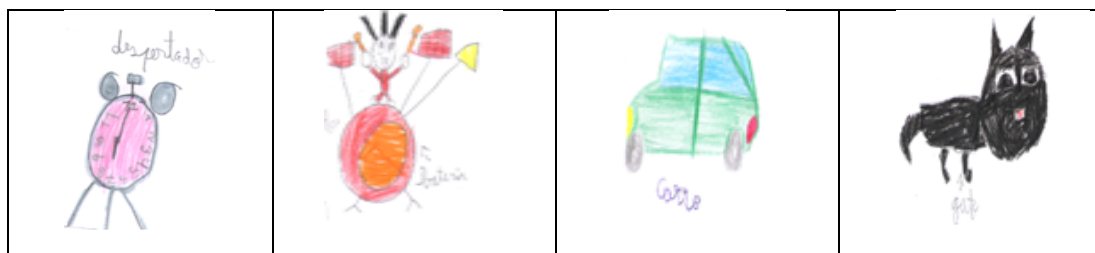


Figura 5.36: Perceções dos alunos sobre o som.

Fonte: Relatório final da professora.

Novamente, ouvidas as opiniões dos alunos, os professores continuaram a discussão e investigação, no sentido de obter respostas para as questões colocadas. Uma das tarefas realizadas foi a construção de um protótipo (cujo guião foi disponibilizado no *workshop* sobre o som destinado aos professores), o qual permite “visualizar” as vibrações provocadas pelo som produzidas pela voz (Figura 5.37). Neste protótipo há um balão esticado no topo da lata com um pequeno espelho colocado sobre o mesmo. Por sua vez, um raio laser aponta para o espelho, o qual permite refletir numa parede branca as vibrações do balão, as quais são provocadas pelo som da voz.



Figura 5.37: Protótipo de visualização do som.

Fonte: Relatório final da professora e fotos da investigadora.

A construção do protótipo revela que os professores também adquiriram Conhecimento Técnico para realizar atividades práticas *hands-on* relacionadas com o som (CTecCi), as quais foram implementadas com os alunos de forma a que tivessem significado para os mesmos (CPTecCi). Após mais algumas experiências para introduzir este tema tais como a propagação do som, passou-se à medição da frequência do som (em hertz) e da intensidade (em decibéis), recorrendo a equipamentos e *softwares* tais como o *Sound Meter* (Figura 5.38).



Figura 5.38: Propagação do som e medição da intensidade do som.

Fonte: Portefólio dos professores.

Para o efeito, foi pedido aos alunos da turma que produzissem diversos tipos de som tais como sussurrar, falar, rir, chorar, gritar, cantar e bater palmas. Um exemplo da medição da intensidade do som, com um dos alunos da turma, encontra-se na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Registo de medições em decibéis do som provocado por um dos alunos da turma.

Ações \ Decibéis	Sussurrar	Falar	Rir	Chorar	Gritar	Cantar	Bater Palmas
30							
40	X						
50							
60		X					
70							X
80			X	X	X	X	
90							

A medição apresentada na Tabela 5.5 foi realizada com todos os alunos da turma e o resultado encontra-se na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Resultado das medições do som em decibéis, de todos os alunos da turma.

	30	40	50	60	70	80	90
<b>Sussurrar</b>	0	12	4	0	0	0	0
<b>Falar</b>	0	0	0	4	9	3	0
<b>Rir</b>	0	0	0	0	0	16	0
<b>Chorar</b>	0	0	3	13	0	0	0
<b>Gritar</b>	0	0	0	3	8	5	0
<b>Cantar</b>	0	0	0	4	8	4	0
<b>Bater palmas</b>	0	0	0	0	16	0	0

Com os registos obtidos, a partir das medições realizadas com cada um dos alunos, foram construídos gráficos (Figura 5.39). No primeiro, cada “cara” representa dois alunos que registaram aquela intensidade de som (em decibéis) enquanto falavam. No segundo, estão representadas as frequências de audição dos alunos (em hertz) no eixo horizontal e o número de alunos no eixo vertical, correspondendo cada retângulo colorido às frequências de audição de cada um dos alunos.

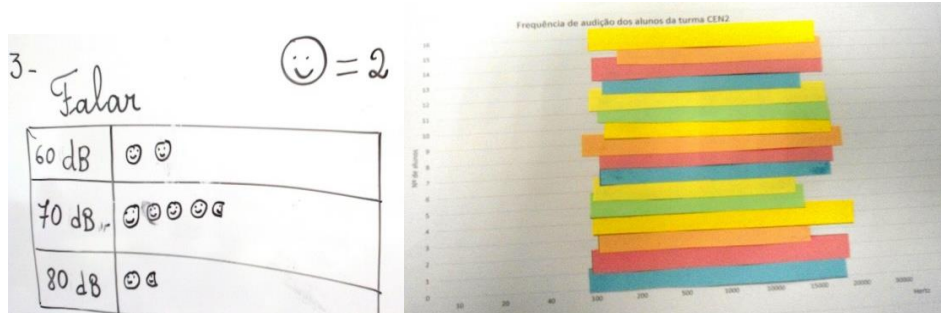


Figura 5.39: Gráficos e tabelas construídas pelos alunos.

Fonte: Relatório final da professora.

Por fim, foram ainda realizados vários problemas, envolvendo cálculos a fim de trabalhar no contexto da matemática. No relatório final, apresentado pela professora Marina em junho de 2017, esta reconhece que é possível trabalhar outros conteúdos a partir do som, fazendo uma abordagem transversal e destacando que:

As atividades práticas implementadas com os meus alunos, em conjunto com o professor Anacleto, permitiram verificar que é possível fazer uma abordagem transversal de conteúdos, relacionando a matemática, o estudo do meio, a expressão musical e dramática, e revelaram que os alunos se motivam e empenham com muito mais facilidade neste tipo de tarefas. (Marina, Relatório final, junho 2017)

De facto, as tarefas implementadas por estes professores envolveram várias áreas disciplinares, pelo que estes professores exemplificam que no segundo ciclo de TDR a categoria da interdisciplinaridade, em particular a integração das STEAM, passou a ter representação. Mais uma vez, a referência ao impacto desta abordagem nos alunos é incontornável, nomeadamente na sua motivação e empenho nas tarefas desenvolvidas. No mesmo relatório, Marina também refere inovações na aquisição de conhecimento de conteúdo pedagógico e das matérias a ensinar, reconhecendo que esta formação irá melhorar o seu desenvolvimento profissional:

Saliento que a ação de formação contribuiu para a aquisição de novos conhecimentos que me permitirão melhorar o desempenho profissional e ter um impacto positivo na sala de aula, proporcionando aos alunos experiências diversificadas de aprendizagem e o desenvolvimento de competências científicas. (Marina, Relatório final, junho 2017)

Na citação acima, verifica-se que a professora reconhece impacto da formação nas suas práticas letivas, uma vez que refere “aquisição de novos conhecimentos” e que estes “permitirão melhorar o desempenho profissional”. Além disso, volta a salientar o impacto nos alunos referindo aprendizagem dos mesmos sobre os tópicos abordados e as experiências introduzidas.

Por sua vez, o professor Anacleto valoriza a forte componente prática da formação e, tal como a professora Marina, refere o impacto que este tipo de abordagem teve nos seus alunos:

Considero que esta formação vem trazer à minha prática letiva, um leque mais alargado de possibilidades de novas atividades, a realizar no contexto da sala de aula. O mais interessante mesmo, é que estas novas abordagens, que tivemos na formação, são na

sua maioria, abordagens práticas, o que é muito bom. Com abordagens práticas os alunos ficam mais atentos e interessados, colaborando de forma mais ativa e empenhada, o que depois se nota na aprendizagem. (Anacleto, Relatório final, junho 2017)

As visitas dos formadores às escolas para realizar atividades práticas, já valorizadas pelos restantes professores, também são destacadas pelo professor Anacleto como um dos pontos mais altos da formação:

Um dos pontos mais altos, penso que é mesmo a visita dos formadores/professores, às turmas, pois, trata-se de um momento único na sala de aula. Os alunos vão poder aprender/experimentar com a ajuda de técnicos credenciados e equipados com todo o material necessário. (Anacleto, Relatório final, junho 2017)

Neste excerto do relatório, para além da habitual referência aos alunos, verifica-se ainda que o professor considera importante o facto de as atividades serem conduzidas por profissionais com bons conhecimentos científicos e com capacidade para desenvolver este tipo de práticas letivas. No entanto, também reconhece que a sua “prática letiva” irá beneficiar desta experiência uma vez que traz “um leque mais alargado de possibilidades de novas atividades, a realizar no contexto da sala de aula”.

Em resumo, no 2.º ciclo de TDR, os professores, Anacleto e Marina, foram inovadores, no sentido em que criaram tarefas relacionadas com o tópico do som promovendo a integração das STEAM. Os professores também recorreram ao questionamento investigativo para implementar as tarefas em aula, conduzindo os alunos de forma a realizarem atividades promovendo a discussão e a reflexão sobre as mesmas.



Figura 5.40: Exemplos de etiquetas com informação sobre os eletrodomésticos.

Fonte: Portefólio dos professores.

No ano letivo seguinte (2017/2018), que consistiu no 3.º ciclo de TDR, a professora Marina e o professor Anacleto continuaram o trabalho desenvolvido no ano anterior. Começaram por explicar que as etiquetas dos eletrodomésticos, para além do consumo energético, entre outras informações, incluem o ruído por eles produzido em decibéis. De seguida, solicitaram aos alunos que procurassem o ruído produzido pelos seus eletrodomésticos em casa e que recolhessem a

informação para partilhar com os colegas. A Figura 5.40 mostra alguns exemplos de etiquetas que é possível encontrar em eletrodomésticos tais como máquinas de lavar e frigoríficos, entre outros.

Na aula, uma vez recolhida a informação e partilhada com a turma, os alunos organizaram os dados recolhidos numa tabela com a supervisão dos professores (Tabela 5.7).

Tabela 5.7: Nível de ruído de alguns eletrodomésticos de acordo com o respetivo modelo

<b>ELETRODOMÉSTICOS</b>	<b>MODELO</b>	<b>NÍVEL DE RUÍDO</b>
<b>Secador de roupa</b>	Indesit IS41V	66 dB
	Orima	69 dB
	Indesit IDV75	69 dB
<b>Combinado</b>	Bosch	41 dB
	Candy	43 dB
	LG	37 dB
<b>Máquina de lavar loiça</b>	AEG	39 dB
	Balay	50 dB
	Candy	43 dB
<b>Aspirador</b>	AEG	76 dB
	Balay	64 dB
	Siemens	81 dB
<b>Exaustor</b>	Candy – CBT6240X	64 dB
	Candy – CBG 640X	67 dB
	Meireles	65 dB
<b>Frigorífico</b>	Hotpoint/Ariston	35 dB
	Indesit	45 dB
	Samsung	41 dB

A partir dos dados recolhidos, os professores criaram fichas de trabalho para os alunos resolverem. A Figura 5.41 mostra alguns dos trabalhos realizados pelos alunos.

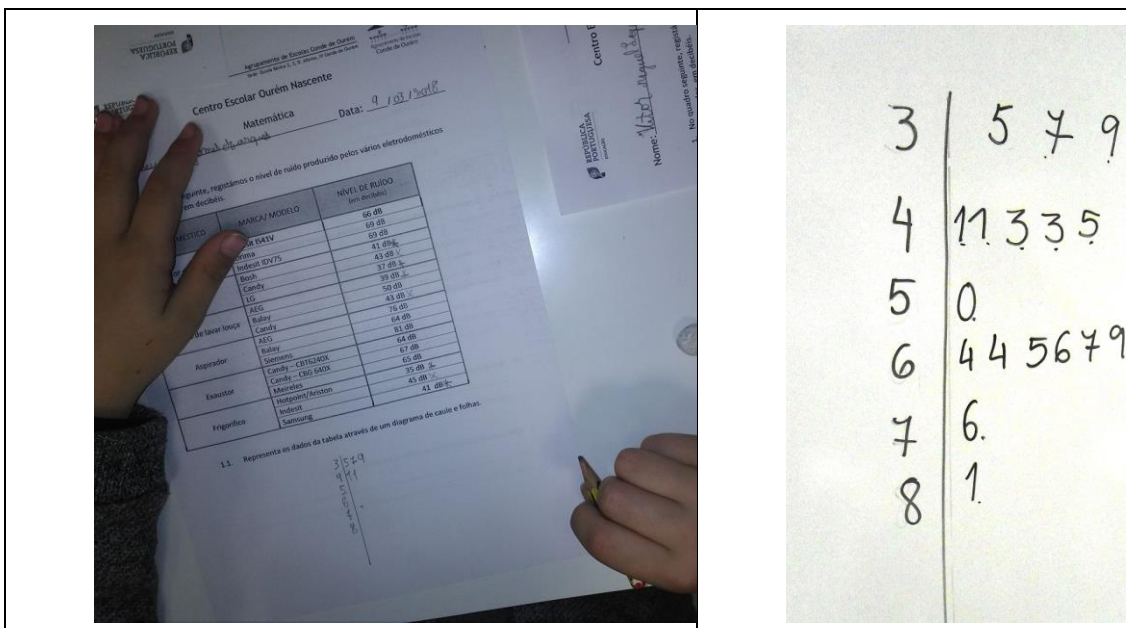


Figura 5.41: Representação dos dados da tabela através de um diagrama de caule e folhas.

Fonte: Portefólio dos professores.

A Figura 5.42 mostra algumas das respostas dos alunos às questões colocadas pelos professores.

Quantos eletrodomésticos estão representados no diagrama de caule e folhas?	Se quisesse comprar um aspirador, qual seria a tua escolha? Porquê?
Qual o eletrodoméstico mais ruidoso e o menos ruidoso?	Qual é a marca/modelo do frigorífico mais ruidoso?

Figura 5.42: Respostas dos alunos às questões colocadas pelos professores.

Fonte: Portefólio dos professores.



As tarefas trabalhadas pela professora Marina são integradoras das STEM (Tabela 5.8). Se se tiver em conta os desenhos feitos pelos alunos assim como o desenho de protótipos relacionados com o som é possível estender STEM a STEAM.

Tabela 5.8: Conteúdos de tarefas propostas pela professora Marina

Ciências	Tecnologia	Engenharia	Matemática
Som.	Computador <i>Internet</i> video Wikipédia <i>Sound Meter</i>	Planear, projetar e fazer protótipos de reprodução e de visualização do som.	Fazer medições da frequência (em hertz) e da intensidade (em decibéis). Análise e Tratamento dos Dados resultantes das medições efetuadas, incluindo gráficos e tabelas.

A Marina desenvolveu diversas tarefas exploratórias e investigativas relacionadas com as STEAM. Tendo em conta a abordagem *hands-on* realizada, foram usados conhecimentos especializados como os identificados na Tabela 5.2, referente ao estudo de caso da professora Manuela tais como: CTeoSTEAM, CTecSTEAM, CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM.

Quanto às perceções relativamente ao programa de formação em que participou (expressas no relatório de junho de 2018), estas refletem que “adquiriu novos conhecimentos” e que considera que esta participação irá permitir melhorar a sua prática profissional. De facto, a professora afirma que isso irá ter impacto positivo nas suas aulas uma vez que proporcionará novas oportunidades de aprendizagem aos seus alunos. Estas perceções mostram que a participação neste programa de desenvolvimento profissional foi uma experiência muito positiva com impacto nas suas práticas. A professora também reconhece impacto nos seus alunos e que estas práticas promovem o interesse dos mesmos para a aprendizagem nestas áreas: “foi notório o entusiasmo, o empenho, o espírito de equipa e a entre ajuda, o interesse, a partilha de conhecimentos e saberes, entre outros valores, tão necessários na sociedade atual” (Marina, Relatório final, junho 2018). A referência à motivação dos alunos confirma a importância que os professores dão ao impacto das suas práticas nos seus alunos. De facto, verifica-se que a motivação e empenho dos alunos neste tipo de abordagem também contribui para a própria motivação dos professores para implementarem este tipo de práticas. O apoio dos formadores aos professores também foi bastante destacado assim como as atividades práticas *hands-on* que foram treinadas nos workshops. Em particular, as visitas dos formadores à sala de aulas para realizarem atividades práticas foram muito apreciadas por ambos os professores e consideradas importantes para motivar os alunos e promover a sua aprendizagem.

Em resumo, a professora Marina e o professor Anacleto foram inovadores, no sentido em criaram tarefas interdisciplinares relacionadas com o som que não faziam parte das suas práticas letivas habituais, nem estavam propostas nos manuais escolares. Em particular, o Conhecimento Tecnológico também foi adquirido pelos professores, nomeadamente pela professora Marina, a qual reconhece que: “As tecnologias têm contribuído para desenvolver nas crianças a curiosidade e o espírito crítico” (Relatório final, junho 2018). Na verdade, a interdisciplinaridade também é



referida no relatório final da Marina (Relatório final, junho 2018) onde refere que: “é possível fazer uma abordagem transversal de conteúdos, relacionando a Matemática, o Estudo do Meio, a Expressão Musical e Dramática”. De facto, no seu relatório, a professora reconhece que é possível “abordar conteúdos de todas as disciplinas, destacando-se a matemática”. Em particular, “o recurso às tecnologias de informação e comunicação revelou-se uma mais valia, quer em termos de motivação, quer da aprendizagem dos conteúdos”.

Face ao exposto, os professores adquiriram Conhecimento de Conteúdo sobre a Matéria a Ensinar, nomeadamente Conhecimento especializado para implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEAM (CTeoSTEAM e CTecSTEAM). Por sua vez, a forma como as tarefas foram conduzidas em aula também revela Conhecimento de Conteúdo Pedagógico especializado (CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM). Ambos os professores também aceitaram o desafio de apresentar o seu trabalho na já referida conferência “Matemática e Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências”.

O Património também é um dos conteúdos do currículo de Estudo do Meio que, a partir do 3.º ciclo de TDR, se procurou que fosse integrado nas tarefas interdisciplinares. No entanto, Marina não trabalhou o Património nas tarefas relacionadas com o som. Mas a inovação da prática letiva dos professores demora tempo (Murphy et al., 2015). Neste sentido, é necessário continuar a promover o seu desenvolvimento profissional e apoiá-los de forma a que adquiram Conhecimento especializado da matéria a ensinar e Conhecimento de Conteúdo Pedagógico suficiente, de forma a ganharem motivação e confiança para inovarem. E é exatamente este trabalho que se está a desenvolver através de uma rede colaborativa com o objetivo de incentivar os professores a continuarem a inovar as suas práticas letivas. Por exemplo, no caso da professora Manuela, cujo estudo de caso foi apresentado anteriormente, foi a investigadora que sugeriu a integração das STEAMH. Da mesma maneira, no que diz respeito ao Património ligado ao som, algumas ideias são as seguintes: Investigar a intensidade e propagação do som nos monumentos locais e nacionais. Para esta tarefa talvez seja necessário contar com a colaboração dos pais para instalarem o *Sound Meter*, ou outros *softwares*, no telemóvel para poderem fazer as respetivas medições por exemplo no decorrer das visitas aos monumentos. Por sua vez, os professores podem fazer recolha de medições nestes locais para também apresentarem aos alunos. As recolhas de dados devem ser partilhadas na turma, de forma a desenvolverem tarefas relacionadas com os mesmos.

Para além do trabalho desenvolvido na área do som, ao longo do ano letivo 2017/2018, a professora Marina trabalhou outros temas que também foram abordados na formação tais como: “Fazer Contas sobre a Natureza” e “Geografia dos Mapas”. Verifica-se que para além de trabalhar o som, a professora Marina continua a desenvolver tarefas relacionadas com outros temas. Por exemplo, no ano letivo 2018/2019, a professora optou por trabalhar a eletricidade e a astronomia com os seus alunos do 4.º ano de escolaridade, o que mostra que a formação continua a ter impacto nas suas práticas letivas, o que indica que promete ser sustentável.

### 5.3.5 A professora Josefina

A professora Josefina participou na formação no ano letivo 2016/2017 e escolheu a eletricidade para trabalhar em aula com os seus alunos, sabendo que poderia contar com a ajuda dos formadores para a apoiar nas tarefas a implementar. Esta professora revelou que gostava de fazer diversas atividades práticas, nomeadamente pequenas hortas, observação microscópica, entre outras. No entanto, nunca tinha trabalhado a eletricidade e, com a ajuda dos formadores, escolheu este tema para desenvolver um projeto interdisciplinar, promovendo o desenvolvimento sustentável.

A professora Josefina criou e implementou atividades práticas *hands-on* nas suas aulas, relacionadas com a eletricidade, bem como tarefas de matemática, recorrendo ao questionamento investigativo. Os dados seguintes resultaram essencialmente de observações no decorrer dos *workshops* com os outros professores, nas suas aulas e a partir do portefólio realizado pela professora, no decurso do programa de formação que decorreu durante o ano letivo 2016/2017.

A eletricidade foi introduzida, pela professora, chamando a atenção dos estudantes para o desenvolvimento sustentável, nomeadamente sensibilizando-os para a importância da reciclagem e da preservação do ambiente. Após esta introdução, a professora trabalhou as expressões pedindo aos alunos para criarem uma mascote para este projeto. Os alunos começaram por desenhar várias propostas e, no final, escolheram o desenho preferido para construir a mascote à qual chamaram Zeca Pilhas e Baterias (Figura 5.43).



Figura 5.43: Projeto dos alunos sobre Pilhas e Baterias.

Fonte: Portefólio da professora.

A professora também trabalhou o Português construindo uma história com os alunos, relacionada com este tema, cuja introdução se apresenta de seguida:

Era uma vez uma pilha chamada Zeca Pilhas e Baterias que vivia no país das Pilhas. Um dia ele foi à escola do (...) porque um menino o levou consigo. Quando lá chegou disse:

- Olá! Eu sou o Zeca Pilhas e Baterias e venho brincar com vocês.

Com o objetivo de promover a reciclagem, a professora Josefina pediu aos alunos para trazerem pilhas velhas e baterias de telemóveis que tivessem em casa e que já não estivessem a ser usadas. Na aula, depois de recolhidas as pilhas e baterias, a professora pediu para os alunos as organizarem, de acordo com os seus tamanhos e modelos. Desta forma, os alunos procuraram encontrar padrões, com o material recolhido, para assim o poderem organizar (Figura 5.44).



Figura 5.44: Organização das pilhas de acordo com os seus tamanhos e modelos.

Fonte: Observação presencial (foto da investigadora).

Depois de organizar todas as pilhas e baterias, a professora pediu aos alunos para desenharem os modelos identificados e fazerem contagens para descobrirem quantas pilhas havia de cada tipo. A turma identificou 6 modelos, tomou nota de quantas pilhas havia de cada modelo e organizou os dados numa tabela (Figura 5.45).





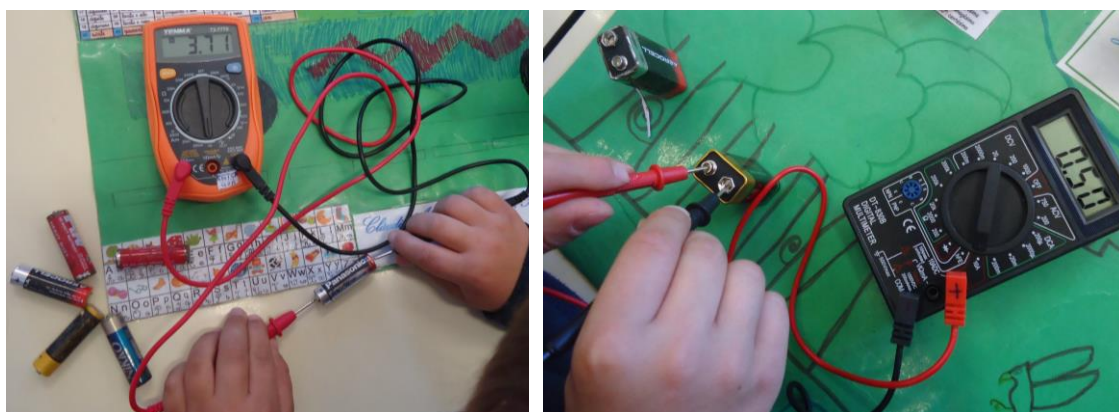


Figura 5.46: Medição da diferença de potencial das pilhas.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Foi explicado que as pilhas que não tinham carga iam para o pilhão. As que ainda tinham foram usadas para construir circuitos para acender lâmpadas, colocar a funcionar motores, relógios, termómetros, brinquedos, etc (Figura 5.47).

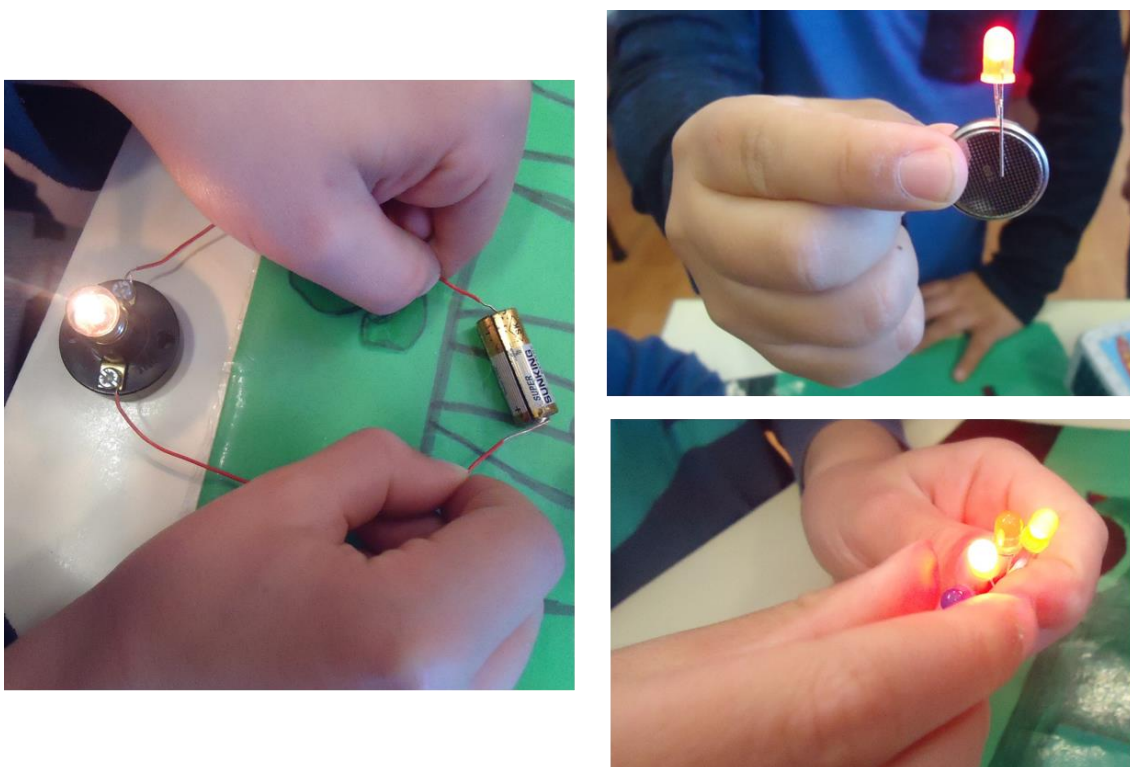


Figura 5.47: Acender lâmpadas com as pilhas velhas.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Verificou-se que as crianças desenvolveram capacidades de investigação, tomando a iniciativa de fazer experiências como colocar pilhas em série para medir a corrente, acender mais do que uma lâmpada, experimentar diversos aparelhos e pilhas para ver se funcionavam.

Numa outra sessão a professora encarregou-se de conduzir a aula sobre eletricidade. Antes de iniciar as atividades, a professora organizou a sua turma em grupos de dois ou três alunos. A cada grupo entregou uma lâmpada com 3,5 volts e uma pilha com 4,5 volts (Figura 5.48).



Figura 5.48: Acender uma lâmpada com uma pilha.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

O seguinte excerto de um diálogo, entre a professora e os alunos, exemplifica como decorreram as atividades. Neste diálogo, a professora desafiou os alunos a acender uma lâmpada a partir de uma pilha.

Professora: Qual é o material que têm à vossa frente?

Alunos: Uma pilha e uma lâmpada.

Professora: Para que servem?

Aluno 1: A lâmpada dá luz. A pilha ...

Professora: A lâmpada acende-se sozinha?

Aluno: Não! Precisa de eletricidade.

Professora: O que é a eletricidade?

Aluna: É uma coisa que existe nas tomadas.

Professora: Como é que a eletricidade chega às tomadas?

Aluna: Vem nos fios elétricos.

Professora: E como é produzida?

Aluno 1: Nas centrais elétricas. ...

Professora: E o Sol produz eletricidade? E o vento?

Aluno: Sim! Energia solar e eólica.

Professora: E, se não houver Sol nem vento, como se pode produzir energia/eletricidade?

Aluno: ....

Professora: Como funcionam os carros? O que faz os vossos carros telecomandados andarem?

Aluna: O comando.

Professora: O comando é para dar instruções ao carro. O que é preciso para o comando funcionar?

Aluna: Pilhas.

Professora: Muito bem! Precisamos de uma fonte de alimentação. Será que é possível acender uma lâmpada apenas com uma pilha?

Aluna: Não! Não tem fios!

Professora: Experimentem.

A professora deixou os alunos experimentarem durante algum tempo até um ou mais alunos conseguirem acender a lâmpada (Figura 5.48).

Aluna: Oh! Acendeu! Afinal acende!

Professora: Porque é que acendeu?

Aluna: Porque a lâmpada tocou a pilha.

Professora: Mas basta tocar a pilha?

Aluna: Não! Tem que ser metal com metal ...

Professora: Façam um desenho com a pilha e com a lâmpada acesa.

A professora esperou que os alunos fizessem os desenhos e depois pediu aos mesmos para lhe mostrarem o que fizeram (Figura 5.49). Com base nos desenhos dos alunos, foi introduzindo conceitos sobre eletricidade e ao mesmo tempo foi corrigindo as perceções que não estavam corretas.

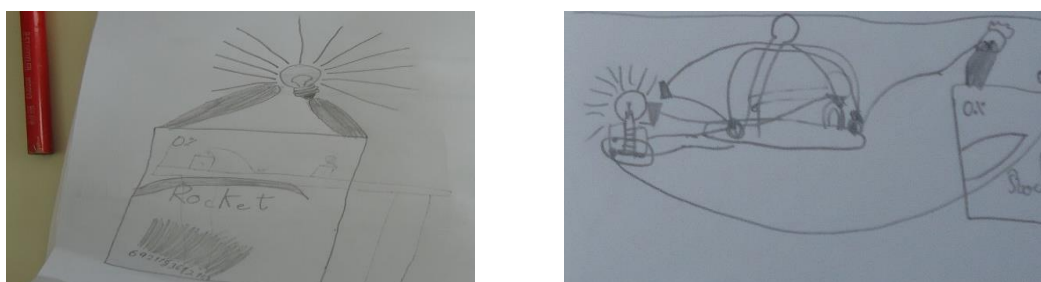


Figura 5.49: Desenhos dos alunos: Acender a lâmpada com uma pilha e circuito com interruptor.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Os excertos de diálogos, acima representados, mostram que a professora procurou envolver os alunos em tarefas através de questões orientadas, com o objetivo de tirarem conclusões, tal como recomendado na literatura (NRC, 2000; PRIMAS; 2011). Os diálogos desenvolvidos, quer com um aluno quer com a turma, inserem-se na estrutura destacada por Artigue e Blomhøj (2013) que referem a importância das interações entre o professor e os estudantes e, ainda, entre os próprios estudantes. As tarefas conduzidas pela professora revelam que esta adquiriu Conhecimento especializado não só relacionado com a eletricidade (CTeoci e CTecCi) mas

também para integrar as STEAM (CTeoSTEAM e CTecSTEAM). Por outro lado, a forma como a Josefina conduziu as atividades revela que também tem Conhecimento Pedagógico para as implementar (CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM).

De seguida, a professora continuou a introduzir mais tarefas. Por exemplo entregou uma pilha descarregada a cada grupo e pediu para repetir a experiência.

Professora: Usem a segunda pilha que vos dei para acender a lâmpada.

Após várias tentativas para acender a lâmpada, vários alunos exclamaram:

Aluna: A lâmpada não acende.

Professora: Por que motivo a lâmpada não acende?

Aluna: Se calhar a pilha não presta.

Professora: Não presta porquê? [A discussão prossegue durante algum tempo]

Aluna: Está descarregada.

Professora: Será que é possível “medir” se uma pilha tem carga?

Alunos: ....

Após uma breve explicação sobre como seria possível medir e quais as medidas utilizadas tais como o volt (V) ou ampere (A), a professora entregou um multímetro a cada grupo. Após explicar e exemplificar como este funciona, pediu para medirem a diferença de potencial das pilhas, em volts (Figura 5.50).

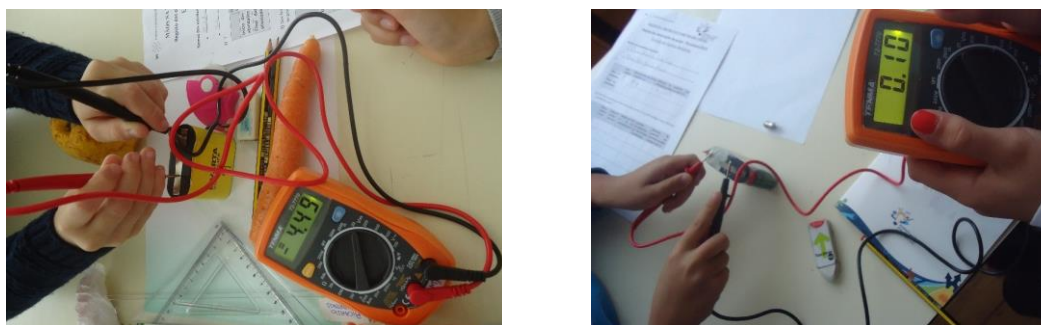


Figura 5.50: Medir a diferença de potencial de pilhas comerciais.

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Numa outra sessão a professora começou por explicar que a pilha usada na sessão anterior era chamada de pilha química e que havia outro tipo de pilhas, tais como pilhas biológicas que podem ser construídas a partir de frutas ou legumes (eletrólitos) e com dois tipos de metais diferentes (elétrodos). De seguida ajudou os alunos a construírem pilhas biológicas (por exemplo com fruta e com um prego e um fio de cobre) e pediu para os alunos medirem e registarem a diferença de potencial das várias pilhas que tinham construído (Figura 5.51 e 5.52). Os resultados destas medidas foram registados no quadro para todos os alunos poderem observar.





Pilha Biológica Legumes	Moeda de 0,2€ à distância de...	Medida em Volt	Intensidade da corrente (ampere)	Potência máxima Watt
cenoura	2 cm	0,81V	229 Ma	203,81W
batata	2 cm	0,95V	559 Ma	534,05W
batata doce	2 cm	0,79V	1106 Ma	873,71 W
chervoria	2 cm			
cogumelo	2,5 cm	0,65V	274 Ma	779,1W
chuchu	2 cm	0,70V	724 Ma	527,28W
cebola	2,5 cm	0,83V	339 Ma	275,56W
cabega de nabo	2 cm	0,72V	192 Ma	138,24W

Figura 5.51: Medição da d.p. e da intensidade de corrente de pilhas biológicas. Cálculo da potência máxima fornecida.

Fonte: Relatório da professora e observação presencial (fotos da investigadora).

Pilha Biológica Frutas	Moeda de 0,50€ à distância de...	Medida em Volt	Intensidade da corrente (ampere)	Potência máxima Watt
limão	2 cm	0,83 V	133 Ma	110,39W
pera	2 cm	0,98 V	266 Ma	260,768W
kiwi	2 cm	0,75V	175 Ma	131,25W
laranja	2 cm	0,92V	357 Ma	332,23W
maçã	2 cm	0,90 V	130 Ma	170 W
lêmona	2,7cm	0,78V	125 Ma	97,5W
laranja	3 cm (esp)	0,94V	328 Ma	308,82W
tangerina	7,5 cm (esp)	0,92 V	173 Ma	159,16

ILUSTRAR

Figura 5.52: Medição da d.p. e da intensidade de corrente. Cálculo da potência máxima fornecida.

Fonte: Relatório da professora.

De seguida, apresenta-se um extrato de um diálogo que reflete a forma como algumas das tarefas foram conduzidas:

Professora: Qual é a diferença de potencial da laranja?

Aluno: É 0,51 volts.

Professora: Quanto precisa a lâmpada para acender-se? [A professora pede para procurarem a informação na lâmpada]

Aluno: Precisa de 1,5 volts.

Professora: Acham que vai ser possível acender a lâmpada com uma laranja?

Aluno: Não. A lâmpada precisa de 1,5 volts. Olha! É quase o triplo!

Professora: Então quantas laranjas precisam para acender a lâmpada?

Aluno: São precisas três.

Tendo em conta que a resposta dos alunos não era a mais adequada, a professora procurou desenvolver tarefas investigativas de forma a estes poderem tirar conclusões:

Professora: E se partirem a laranja ao meio? Acham que a d.p. é a mesma para cada uma das metades?

Aluno: Claro que não! Deve ser metade.

Professora: Então cortem a laranja ao meio e meçam a d.p. de cada uma das metades!

Aluno: Ah!!! Deu quase igual à da laranja inteira! Não pode ser....

Professora: Cortem as metades ao meio e voltem a medir? O que acham que vai acontecer?

Aluno: Se calhar vai dar o mesmo ... pois é! O tamanho da fruta não conta!

Professora: Afinal, são precisas três laranjas para acender a lâmpada?

Aluno: Não. Devem bastar três bocados ... Vou experimentar! ...Acendeu!!!

A partir dos vários registos que se encontravam no quadro, a professora colocou várias questões. Por exemplo:

Professora: Qual a fruta ou legume com maior d.p.? E com menor d.p.?

Alunos: É o tomate. É a maçã.

A professora continuou a colocar questões, trabalhando a eletricidade e ao mesmo tempo a matemática. Os diálogos acima ilustram a forma ela conduziu as atividades promovendo a realização de tarefas exploratórias e investigativas através de questões, o que coloca em destaque o seu Conhecimento Pedagógico. Por fim, com os vários tipos de baterias, os alunos construíram vários circuitos e acenderam lâmpadas (Figura 5.53).

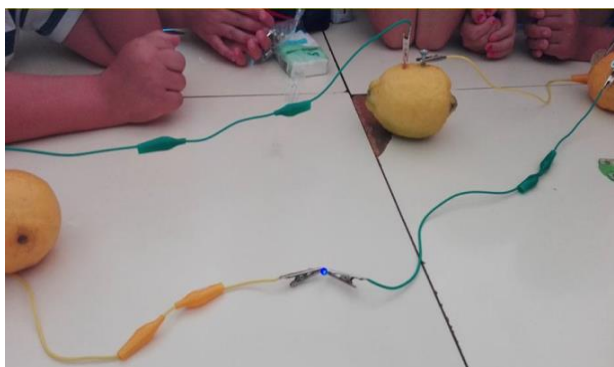


Figura 5.53: Circuitos com pilhas biológicas

Fonte: Observação presencial (fotos da investigadora).

Numa outra sessão, a professora criou fichas de trabalho para realizar tarefas relacionadas com a matemática, como por exemplo organização e tratamento de dados a partir dos dados

obtidos na sessão anterior. Também foram incluídos problemas para serem resolvidos pelos alunos. Em particular, a matemática trabalhada com os alunos está relacionada com vários domínios do programa da área curricular de Matemática. Por exemplo, “Números e Operações” quando os alunos organizaram e contaram as pilhas velhas; “Geometria e Medida” quando organizaram as pilhas e as desenharam, de acordo com os seus tamanhos e padrões; Organização e Tratamento de Dados quando construíram tabelas, registaram os dados das pilhas e os trabalharam.

Para além de trabalhar a matemática, a professora foi capaz de introduzir pilhas biológicas e de ensinar os seus alunos a medir a diferença de potencial e a intensidade da corrente, assim como a construírem circuitos elétricos. De facto, no decorrer das várias sessões dedicadas ao tema, a professora conseguiu trabalhar a matemática a partir de atividades práticas *hands-on* relacionadas com a eletricidade, no contexto da integração das STEM. Desta forma, a Josefina desenvolveu tarefas com base em conceitos e procedimentos de matemática e ciências enquanto incorporava a metodologia de *design* da engenharia e usando tecnologia adequada (Shaughnessy, 2013). A Tabela 5.9 apresenta os conteúdos relacionados com as STEM que foram trabalhados em aula. Na verdade, as Artes também foram trabalhadas tendo em conta os desenhos feitos pelas crianças no decorrer das tarefas e a mascote construída pelas mesmas, pelo que as STEM podem ser estendidas às STEAM.

Tabela 5.9: Conteúdos das tarefas relacionadas com as STEM

<b>Ciências</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Engenharia</b>	<b>Matemática</b>
Eletricidade	Telemóveis Brinquedos Multímetros Lâmpadas ...	Planear, projetar e construir circuitos elétricos.	Geometria e Medida na organização das pilhas de acordo os seus tamanhos, modelos e padrões.  Medir a diferença de potencial e a intensidade em volt e ampere.  Números e Operações quando os alunos organizaram e contaram as pilhas.  Análise e Tratamento de Dados a partir das contagens e das medições realizadas.

Face ao exposto, a professora Josefina adquiriu Conhecimento de Conteúdo específico de forma a conseguir introduzir tarefas experimentais relacionadas com a eletricidade (CTeoCi e CTecCi). A professora também foi capaz de implementar tarefas que integravam as STEAM, o que significa que adquiriu conhecimento interdisciplinar relacionado com as STEAM (Tabela 5.9). Desta forma, verifica-se que colocou em ação o Conhecimento de Conteúdo específico para integrar as STEAM (CTeoSTEAM e CTecSTEAM). Por outro lado, a Josefina conseguiu adaptar as tarefas de forma a estas serem adequadas aos respetivos alunos, o que revela Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM). Tal como no caso da professora Marina, cujo estudo de caso foi anteriormente apresentado, a professora Josefina adquiriu

conhecimento específico para implementar atividades práticas *hands-on* que integravam as STEAM (Tabela 5.2).

No seu relatório final, a professora também reconhece alterações nas suas práticas: “Fui capaz de aplicar novas práticas e metodologias no contexto da sala de aula integrando a matemática e as ciências experimentais” (Relatório final, junho 2017). Na verdade, a professora Josefina demonstrou uma grande motivação para realizar atividades práticas *hands-on* de eletricidade e mostrou autonomia para implementar os conhecimentos obtidos na formação. Esta autonomia foi observada quando revelou que por sua iniciativa comprou leds e multímetros para usar nas experiências. Ao mesmo tempo apreciou o apoio dos formadores, recorrendo aos mesmos sempre que sentiu necessidade ou tinha dúvidas sobre os novos conteúdos, ou como implementá-los.

No seu relatório final a Josefina descreve as práticas que realizou com os alunos: “As atividades científicas e matemáticas propostas partiram (...) de situações que as crianças tinham de interpretar ou de problemas que tinham de resolver”. Neste relatório, a professora também faz um “balanço desta oficina de formação” dizendo que: “é claramente positivo e possibilitou aplicar alguns dos conhecimentos em contexto de sala de aula, assim como a partilha de experiências positivas e dificuldades sentidas”.

O exemplo da professora Josefina reflete o contexto formativo e mostra que é possível conduzir os professores a realizarem atividades práticas *hands-on* de STEAM relacionadas com a eletricidade e recorrendo ao questionamento investigativo. Um exemplo da estratégia de ensino usada tem a ver com as questões colocada “Qual é a diferença de potencial necessária para acender a lâmpada?” e “São precisas 3 laranjas para acender a lâmpada?”. As questões tiveram por objetivo conduzir os alunos de forma a estes desenvolverem investigações com vista a tirar conclusões.

A Josefina foi uma das professoras que também partilhou o seu trabalho com os colegas quer no *workshop* de partilha de boas práticas quer na conferência destinada a toda a comunidade. Além disso, inspirada no trabalho apresentado pelas colegas, no ano letivo 2018/2019, a professora continuou a pedir a colaboração da investigadora para continuar a inovar as suas práticas letivas pedindo para trabalhar o som e a astronomia, desenvolvendo assim o trabalho realizado pelas colegas no ano letivo anterior.

## **5.4 Síntese do impacto do programa de desenvolvimento profissional**

Neste capítulo, começou-se por dar conta do impacto do programa de desenvolvimento profissional que decorreu durante os anos letivos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, os quais consistiram em três ciclos de *Teacher Design Research* (TDR). No primeiro ciclo, os professores

frequentaram uma ação de formação acreditada com um total de 26 horas presenciais com os formadores (Tabela 4.1). Analisados os dados, verificou-se que não era habitual os professores realizarem atividades práticas de ciências, relacionadas com os temas abordados nos *workshops*, como por exemplo som ou eletricidade. Quanto à promoção da interdisciplinaridade, por exemplo entre as ciências e a matemática, alguns professores referiram que usavam chocolates, bolos e peças de fruta para trabalhar frações; pacotes de leite, copos, etc, para fazerem medições e comparações entre os diferentes volumes; receitas culinárias para medir os ingredientes, fazer relações de dobro, triplo, metade e proporcionalidade; contagem de legumes, medições/tabelas com o crescimento do feijão, entre outros exemplos. Nenhum professor assinalou tarefas que envolvessem atividades práticas relacionadas com o som, eletricidade ou astronomia, que dizem respeito a alguns dos principais temas de ciências trabalhados nos *workshops* com os professores, os quais integram a área curricular de Estudo do Meio.

Após frequentarem o primeiro *workshop*, do 1.º ciclo de TDR, a maioria dos professores referiu que foi proveitoso e destacou o trabalho prático do mesmo, o qual estava relacionado com as diversas atividades práticas *hands-on* exemplificativas que decorreram ao longo do mesmo. Além disso, a maioria dos professores respondeu que a sessão tinha sido muito interessante, que os obrigou a refletir sobre os tópicos abordados e que valia a pena continuar a frequentar este tipo de formação. Quando questionados sobre a possibilidade de receberem apoio da equipa para realizar atividades práticas nas suas aulas, todos os professores responderam afirmativamente. Assim, logo em outubro de 2015 começaram as visitas dos formadores às escolas para exemplificar a implementação de atividades práticas *hands-on*, relacionadas com as STEM. Nos grupos focais realizados, assim como em relatórios finais, verificou-se que alguns professores manifestaram insegurança para trabalhar alguns temas de ciências, referindo que não tinham os conhecimentos necessários para desenvolver este tipo de atividades. No entanto, no final do 1.º ciclo de TDR, todos reconheceram a importância de realizar atividades práticas em aula, para promover o interesse e a aprendizagem dos alunos por estas áreas.

Com esta investigação, verificou-se que para os professores inovarem as suas práticas é fundamental apoiá-los, de forma a motivá-los e a ganharem confiança para implementarem as abordagens propostas. As visitas dos formadores às escolas dos formandos, para realizar atividades práticas *hands-on*, revelaram-se um elemento chave para contribuir para a motivação dos professores. De facto, nenhum professor fica indiferente ao entusiasmo e à participação dos alunos com empenho no decorrer das tarefas realizadas. No final deste ciclo, todos os professores reconheceram a importância de desenvolver este tipo de abordagem. Os mesmos referiram que a introdução de atividades práticas e o questionamento investigativo, a que chamaram de “questão/discussão”, são práticas letivas inovadoras. Alguns também assinalaram aquisição de novos conhecimentos e alterações nas suas práticas letivas. O ambiente colaborativo deste contexto formativo, o apoio prestado pelos formadores, nomeadamente as demonstrações de atividades práticas nos *workshops* e nas aulas dos formandos foram pontos positivos a destacar no 1.º ciclo de TDR. Estas constatações estão de acordo com vários autores (e.g., Afonso et al., 2005; Darling-Hammond et al., 2017) que referem a importância de os professores

experienciarem o que se espera que venham a implementar com os respetivos alunos, num ambiente colaborativo de grande apoio aos mesmos.

No entanto, apesar de reconhecerem a importância da abordagem realizada, um dos objetivos menos conseguidos do 1.º ciclo de TDR foi a promoção da interdisciplinaridade, entre os tópicos abordados no programa de formação, nomeadamente na integração de tarefas relacionadas com as STEM. A maioria dos professores optou por apresentar tarefas que apenas envolviam a matemática. Houve uma ou outra evidência na área do som mas não incluíam tarefas de matemática. A eletricidade foi o tópico menos escolhido pelos professores para trabalhar em aula, havendo apenas duas professoras que a referiram. A partilha de boas práticas entre os pares foi realizada apenas por duas professoras (Luísa e Mariana) mas ainda de uma forma insegura, uma vez que as professoras não quiseram fazer a apresentação em frente aos seus pares. Mas, ainda assim, uma das professoras aceitou o desafio de apresentar o seu trabalho, através de um Poster no “Encontro Nacional da Associação de Professores de Matemática: primeiros anos” que se realizou em novembro de 2016.

O último grupo focal foi realizado em junho de 2016, no qual, para além dos professores em formação, participaram a Diretora do Centro de Formação e a Diretora do Agrupamento de Escolas. Este grupo focal serviu para fazer uma reflexão conjunta sobre a adequação do programa de desenvolvimento profissional, em que medida tinha resultado e o que era necessário melhorar e/ou corrigir nos próximos ciclos de TDR. Neste último grupo focal, com a colaboração dos intervenientes, foi redesenhado o 2.º ciclo de TDR. Para o efeito foi proposta uma Oficina de Formação (Tabela 4.2), com o objetivo de incentivar mais os professores a desenvolverem atividades práticas *hands-on* em aula. O 2.º ciclo de TDR foi preparado de forma a adequar ainda mais as tarefas integradoras das STEM, de modo a que os professores ganhassem motivação e confiança para as implementar. Neste sentido, houve um reforço dos exemplos de tarefas a implementar com os professores. O apoio dos formadores nas aulas dos professores, também foi reforçado, quer para os observar em ação, quer para os ajudar a planear e a implementar as atividades práticas.

O segundo ciclo e o terceiro ciclo de TDR consistiram numa oficina de formação com um total de 13 horas presenciais com os formadores e outras 13 horas de trabalho autónomo dos formandos, em aula, com os respetivos alunos (Tabela 4.2). Nestes ciclos, ficou patente a importância do apoio dos formadores no decorrer do processo de formação, nomeadamente o ambiente colaborativo de partilha de conhecimentos. Neste apoio, as visitas às escolas dos formandos foram muito valorizadas sendo reconhecidas como “uma mais-valia” quer para os professores quer para os alunos. Na verdade, os professores chegam a equiparar o seu interesse por esta abordagem com o interesse dos seus alunos e no impacto positivo na sua aprendizagem.

Com o formato da oficina de formação, verificou-se que o programa de desenvolvimento profissional motivou os professores para inovar a sua prática letiva, através da exemplificação de atividades práticas *hands-on*, desenvolvidas enquanto se introduziam os conceitos teóricos. De facto, nestes últimos dois ciclos, os professores foram capazes de implementar, não só atividades

práticas *hands-on* relacionados com as STEM, como as estenderam às STEAMH (no terceiro ciclo) e, ainda, ao Português, Expressões e Cidadania.

Para concretizar as tarefas interdisciplinares foi necessário munir os professores de conhecimentos específicos para implementá-las com eficácia, nomeadamente Conhecimento de Conteúdo especializado sobre as matérias e ensinar e Conhecimento Pedagógico para implementarem as novas práticas em aula. Dada a especificidade deste contexto formativo que tem por objetivo a implementação de atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, foram identificados conhecimentos especializados que são necessários para as implementar com eficácia. Neste sentido, os estudos de caso, apresentados na secção 5.3, permitiram aprofundar este conhecimento especializado que desde o início faltava caracterizar. Por exemplo, nos estudos de casos das professoras Luísa e Mariana, que participaram no 1.º ciclo de TDR e ainda não apresentaram evidências de tarefas que integrassem as STEM, foram identificados os seguintes conhecimentos específicos necessários para realizar atividades práticas de ciências: CTeoCi, CTecCi, CPTeoCi e CPTecCi (Tabela 5.1). Os três últimos estudos de caso são de professoras que participaram no 2.º e 3.º ciclos de TDR e que desenvolveram diversas tarefas práticas *hands-on* promovendo a interdisciplinaridade entre várias áreas curriculares. Desta foram, surgiram os conhecimentos específicos relacionados com as STEAM (Tabela 5.2) e, no terceiro ciclo de TDR, relacionados com as STEAMH (Tabela 5.8 e Figura 5.35).

Uma das principais novidades do terceiro ciclo de TDR foi o reforço da partilha de boas práticas, ao ponto de se organizar uma conferência destinada a toda a comunidade, onde um professor de cada um dos agrupamentos envolvidos apresentou o trabalho que tinha desenvolvido, com os seus alunos, à comunidade. Esta partilha entre os pares tem-se revelado essencial para motivar os professores para inovarem as suas práticas letivas, tal como exemplificado pela professora Catarina:

(...) foi um ótimo espaço de reflexão e partilha de alguns trabalhos realizados por colegas de outros agrupamentos e escolas, baseando-se nas diferentes temáticas abordadas ao longo das duas oficinas – Anos Letivos 2016/2017 e 2017/2018. (Catarina, Relatório final, 2018)

Tendo em conta que a divulgação das práticas letivas desenvolvidas é um dos objetivos da metodologia de TDR, a realização desta conferência cumpre claramente este objetivo, o qual contribuiu para motivar ainda mais os professores a participarem nas abordagens propostas. De facto, como resultado da conferência alguns professores manifestaram interesse em reproduzir o trabalho exposto nas suas aulas. Desta forma, recomenda-se continuar a implementar a metodologia usada no contexto formativo que conduziu os professores não só a inovarem as suas práticas letivas, mas também a divulgarem o trabalho que desenvolveram com os respetivos alunos.

## 5.5 Dimensões de análise da investigação

No final de cada ciclo de *Teacher Design Research*, cada professor entregou um portefólio contendo reflexões individuais sobre o programa de formação que frequentaram, assim como propostas de tarefas a implementar e evidências do trabalho que desenvolveram, em aula, com os respetivos alunos. Uma vez que os portefólios são um dos instrumentos de recolha de dados que dizem respeito a todos os professores que participaram no programa de formação, nesta secção procura-se aprofundar o estudo desenvolvido nas secções anteriores, dando conta das dimensões de análise da investigação identificadas nos referidos portefólios.

Aos relatórios e reflexões individuais, apresentados pelos professores, foram aplicados instrumentos metodológicos da análise de conteúdo (Bardin, 1997), fazendo um esforço de interpretação de forma a atingir o maior rigor e objetividade possíveis. De acordo com Bardin (1997, p. 95), a análise de conteúdo envolve três fases, sendo a primeira designada de pré-análise. A pré-análise corresponde a uma fase de organização dos dados que envolve a sistematização das ideias iniciais. Com base nesta pré-análise, foram identificadas várias dimensões que se encontram organizadas numa tabela (Anexo A): Motivação e confiança dos professores; inovação nas práticas dos professores, realização de atividades práticas *hands-on* em aula, questionamento investigativo, impacto nos alunos/crianças, nomeadamente no seu gosto e interesse pela aprendizagem; interdisciplinaridade; trabalho colaborativo, visitas às escolas e partilha de boas práticas; sustentabilidade do programa de desenvolvimento profissional; avaliação e reconhecimento da relevância e pertinência da formação. Ainda nesta fase de pré-análise e com a exploração do material foi realizada uma reorganização dos dados, a partir da qual foram organizadas mais tabelas, com as dimensões identificadas (Anexo B). As tabelas apresentadas no anexo B apresentam excertos dos relatórios apresentados nos portefólios dos professores relacionados com as seguintes dimensões de análise: O tipo de práticas letivas desenvolvidas pelos professores, nomeadamente a realização de atividades práticas *hands-on*, o recurso a estratégias de ensino como o questionamento investigativo e a promoção da interdisciplinaridade; o trabalho colaborativo desenvolvido no decorrer do programa de formação, do qual se destacam as visitas dos formadores às escolas dos professores e a partilha de boas práticas entre os formandos; avaliação e reconhecimento da relevância do programa de desenvolvimento profissional.

Posteriormente, foi realizada uma exploração mais fina dos dados, o que conduziu à reorganização em categorias e respetivas subcategorias. Como resultado, foram destacadas as seguintes categorias: Motivação e confiança dos professores, inovação nas práticas letivas, trabalho colaborativo e, por fim, avaliação e reconhecimento da relevância e pertinência da formação. A Tabela 5.10 apresenta o resultado desta reorganização em categorias e respetivas subcategorias, algumas das quais já foram diagnosticadas na discussão apresentada nas secções anteriores.



Tabela 5.10: Dimensões identificadas nos relatórios dos professores.

<b>Dimensões de Análise</b>	<b>Subdimensões de análise</b>
Motivação e confiança dos professores	Motivação e gosto dos alunos pela aprendizagem Aquisição de conhecimento especializado para ensinar
Inovação nas práticas letivas	Atividades práticas <i>hands-on</i> Questionamento investigativo Interdisciplinaridade, nomeadamente com as STEM, STEAM ou STEAMH
Trabalho colaborativo	Apoio aos professores Visitas às escolas Partilha de boas práticas
Avaliação e reconhecimento da relevância e pertinência da formação	Avaliação da formação Reconhecimento da relevância da formação

A motivação e confiança dos professores é muito importante porque sem ela dificilmente eles irão alterar as suas práticas em aula. Algumas observações dos professores relacionadas com a importância da intervenção realizada são as seguintes: “Eu reconheço a importância de realizar atividades experimentais *hands-on*”, “este curso deu-me confiança para inovar” e “permitiu adquirir conhecimento e ideias de tarefas para realizar na sala de aula” (Pilar, junho 2016); “esta ação vai trazer à minha prática letiva um leque mais vasto de possibilidades” (Anacleto, junho 2017); “Eu ampliei os meus horizontes e passei a encarar as ciências experimentais de uma maneira mais simples e motivadora, o que irá melhorar meu desempenho pedagógico” (Felisberta, junho 2018); “É importante desenvolver este tipo de tarefas que envolvem as crianças e que as motivam para a aprendizagem dos fenómenos científicos.” (Aurélia, 2018). Estas observações mostram que os professores ganharam motivação e confiança uma vez que reconheceram a importância de desenvolver esta abordagem e, ainda, adquiriram conhecimento para a implementar.

Com base nesta análise, verificou-se que os professores adquiriram motivação e confiança para inovarem as suas práticas, dado que reconheceram a importância de implementar esta abordagem experimental junto dos respetivos alunos. Além disso, afirmam que ganharam conhecimento de conteúdo relacionado com as matérias a ensinar. De facto, o conhecimento necessário para ensinar, em particular para implementar a abordagem em causa, é transversal aos vários relatos dos professores. Por exemplo:

Esta ação de formação permitiu-me adquirir novos conhecimentos, capacidades e competências. (Anabela, Relatório final, junho 2016)

(...) tenho a salientar novos conhecimentos que adquiri em relação a algumas características da Terra, noções matemáticas, acontecimentos históricos e teorias pedagógicas. (Manuela, 1.º relatório, fevereiro 2017)

Desenvolvi (...) o conhecimento científico e o desenvolvimento de estratégias pedagógicas para que os meus alunos desenvolvessem o verdadeiro espírito científico. (Aurélia, Relatório final, junho 2018)

Nos excertos acima, verifica-se que os professores referem ter adquirido não só conhecimento científico, mas também conhecimento pedagógico para ensinar. No caso particular da implementação de atividades práticas *hands-on*, relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH, há a considerar o modelo de conhecimento especializado apresentado nas secções anteriores (Tabela 5.1, Tabela 5.2, Tabela 5.8 e Figura 5.35) que envolve não só um Conhecimento Teórico sobre os tópicos a integrar, mas também um Conhecimento Técnico para realizar as atividades práticas *hands-on*. Por fim, é necessário o Conhecimento Pedagógico para tornar as tarefas implementadas em aula significativas para os alunos.

Outro aspeto importante que contribui para a motivação dos professores tem a ver com o facto de estes reconhecerem que esta abordagem tem impacto nas crianças e promove o seu gosto e interesse pela aprendizagem. O excerto abaixo reflete esta perspetiva:

Ao longo das várias sessões, tornou-se mais evidente para mim, a importância de fazer chegar aos estudantes um conjunto de atividades que lhes permita construir o seu próprio conhecimento, de uma forma construtiva, envolvendo a manipulação de materiais e a realização de tarefas sobre as quais possam observar, questionar, refletir, experimentar e finalmente concluir. (Anita, Relatório, junho de 2017)

No excerto acima é notória a importância que a professora atribui ao tipo de tarefas desenvolvidas e de como estas devem ser introduzidas junto dos alunos. Na verdade, apesar de o foco deste estudo não ser as crianças, não se pode ignorar as perceções dos professores relativamente ao impacto das práticas letivas nos seus alunos. Entre as várias observações destacam-se as seguintes: “benéfica para a minha formação profissional e consequentemente para a aprendizagem dos meus alunos” (Carlota, junho de 2017); “fomentamos o gosto pelas ciências nas crianças” (Margarida, 2016); “promoveu um alargamento do conhecimento científico” (Manuela, 2017); “despertou na criança o sentido crítico e reforçou as aprendizagens teóricas” (Goreti, 2017). Estas constatações por parte dos professores sobre o impacto da abordagem nos respetivos alunos contribuem para os motivar para o reconhecimento da importância de desenvolver este tipo de práticas letivas. De facto, os alunos são frequentemente referidos pelos professores como sendo o principal foco desta intervenção, o que mostra que o reconhecimento de um impacto positivo destas práticas nos alunos é muito importante para os mesmos. Neste sentido, a ação de formação só será útil para os professores se estes reconhecerem que as práticas desenvolvidas em aula são adequadas aos respetivos alunos e promovem o seu interesse e gosto

pela aprendizagem. O testemunho da professora Manuela exemplifica o ponto de vista de muitos outros professores:

As atividades desenvolvidas em todo este tempo em que decorreu a formação, foram ao encontro dos meus interesses e aos interesses e gosto dos alunos. É de referir que em toda esta minha reflexão eu, constantemente, salientei aquilo que foi mais importante, ou seja, todo o trabalho que foi desenvolvido com os meus alunos pois é principalmente pelos nossos alunos que nos dedicamos de corpo e alma à aprendizagem de novas técnicas e metodologias porque o ensino da matemática e das ciências não é um processo estanque, está em permanente evolução. (Manuela, junho 2018)

No excerto acima, a professora coloca ao mesmo nível o seu interesse e o interesse dos seus alunos reforçando que o mais importante é: “todo o trabalho que foi desenvolvido com os meus alunos”. Desta forma verifica-se mais uma vez a importância de os professores reconhecerem o impacto positivo das abordagens propostas nos respetivos alunos. Por outro lado, o exposto está de acordo com a definição de Darling-Hammond et al. (2017) sobre eficácia do desenvolvimento profissional de professores, o qual deve resultar em “alterações nos conhecimentos e práticas dos professores, e melhoramentos na aprendizagem dos estudantes” (p. 2). Apesar de não fazer parte dos objetivos desta investigação medir a aprendizagem dos estudantes, as observações dos professores dão a entender que esta ocorreu. Além disso, este PDP inclui as principais características que, de acordo com os mesmos autores, são promotoras da eficácia do mesmo.

No excerto da professora Anita, acima discutido, é notória a referência ao tipo de abordagem implementada em aula. Por um lado, é identificada a “manipulação de materiais”, a qual tem a ver com a realização de atividades práticas *hands-on* e, por outro lado, é referida a estratégia de ensino usada na implementação das tarefas: “construir o seu próprio conhecimento, de uma forma construtiva (...) observar, questionar, refletir, experimentar e finalmente concluir”. Estas dimensões estão relacionadas com a inovação nas práticas letivas dos professores. De facto, os próprios professores admitem que estas são abordagens inovadoras e destacam a a forte componente prática do modelo de formação:

O mais interessante mesmo, é que estas novas abordagens, que tivemos na formação, são na sua maioria, abordagens práticas, o que é muito bom. (Anacleto, Relatório final, junho 2016)

Sem dúvida, esta ação possibilitou que fossem realizadas outros tipos de experiências, diferentes das apresentadas nos manuais escolares, permitindo que os alunos sejam agentes ativos no processo de aprendizagem. (Maria, Relatório final, junho 2017)

(...) aprendi um vasto conjunto de conhecimentos, enriquecidos pelo facto de ser uma formação muito prática quer em contexto de sala de aula, com os alunos, quer nas sessões que fizeram parte desta Formação (Manuela, Relatório final, 2018)

Pessoalmente, senti que ao frequentar esta formação fiquei com uma maior capacidade de desenvolver as ciências experimentais na minha sala de aulas, pois aprendi

um vasto conjunto de conhecimentos, enriquecidos pelo facto de ser uma formação muito prática em contexto de sala de aula (Felisberta, junho 2018).

Os professores também referem que a frequência desta ação contribuiu para melhorar as suas práticas pedagógicas, nomeadamente recorrendo ao questionamento investigativo. De facto, esta abordagem de ensino é referida nos relatórios dos professores, os quais destacam a importância desta estratégia pedagógica no decorrer da implementação das atividades práticas:

A minha prática de ensino irá certamente sofrer algumas mudanças, incluindo a introdução de experiências e a tão importante discussão / questionamento constante nas minhas aulas. (Anabela, Relatório final, junho 2016)

(...) desperta-se maior curiosidade nas crianças permitindo que elas descubram e questionem o que estão a observar (...) sendo os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas através de experiências e de pesquisas simples (...) devendo sempre haver lugar a formulação de hipóteses, previsão de resultados, observação e explicação dos resultados (Manuela, 2017)

Considero que metodologias de sala de aula, baseadas em situações do quotidiano e menos na rigidez dos currículos/manuais, traduzem-se em melhores aprendizagens e na criação de cidadãos mais conscientes e interventivos. (Catarina, Relatório final, 2018)

Com esta formação modificaram-se atitudes e adquiriram-se novas estratégias e metodologias capazes de suscitar nos nossos alunos o gosto pelo conhecimento científico. (Aurélia, 2018)

Nos 2.º e 3.º ciclos de TDR, a promoção da interdisciplinaridade também passou a estar muito presente nos relatórios dos professores e relacionada com a inovação das práticas em aula. Algumas referências são as seguintes: “ser capaz de articular entre as diferentes áreas curriculares” (Carla, junho 2017); “as experiências realizadas permitem implementar a interdisciplinaridade e trabalhar vários tópicos de maneira diferente” (Andrina, junho 2018). Outros relatos são os seguintes:

A introdução de novas ideias para abordar conteúdos específicos de ciências experimentais e matemática permite proporcionar uma prática interdisciplinar em diferentes áreas (Matemática, Português, Artes Plásticas, Estudo do Meio) (Maria, junho 2017).

(...) os temas abordados e as experiências realizadas permitem a implementação da interdisciplinaridade e trabalhar de modo diferente diversos temas, o que é fundamental e enriquecedor para a minha prática pedagógica. (Andrina, Relatório final, 2018)

Outra capacidade que desenvolvi com as aprendizagens efetuadas na ação de formação, foi a de proporcionar aos meus alunos conhecimentos mais diversificados, ao nível da Matemática, da Geografia, das Ciências Naturais, indo ao encontro daquilo que hoje se definiu como metas a atingir no Perfil dos Alunos. (Catarina, 2018)

Esta ação de formação “A matemática e ciências: uma abordagem experimental no 1º ciclo do ensino básico” procurou, penso que com sucesso (...) complementando não só as áreas da matemática e estudo do meio, mas também as outras áreas disciplinares. (Andrina, 2018)

Uma característica essencial deste modelo de desenvolvimento profissional está relacionada com o trabalho colaborativo promovido no decorrer deste programa de formação, nomeadamente com o apoio dos formadores aos formandos, o qual se estendeu às suas aulas. Nos relatórios dos professores, estes aspetos também estão muito presentes tal como se pode observar nos seguintes excertos: “Agradeço todo o apoio que os educadores nos deram (...)” (Marina, junho 2017); “em ambiente colaborativo não é difícil realizar este tipo de atividades.” (Silvina, junho 2018); “(...) coexistiu, nesta acção de formação, uma partilha dos saberes adquiridos, das dúvidas, das reticências e da diversidade das opiniões, de forma notáveis (Manuela, junho 2018). Mais alguns testemunhos são os seguintes:

Devo agradecer o empenho e dedicação dos formadores, pois conseguiram cativar a minha atenção e melhorar a minha abordagem das ciências experimentais (Felisberta, junho 2018).

(...) enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram e às aulas que deram (Manuela, 2018).

Agradeço de forma veemente todo o incentivo às práticas experimentais, apoio, esforço, dedicação que os formadores evidenciaram em todo este tempo de formação. (Manuela, 2018)

No decorrer das sessões da formação houve troca de ideias, experimentação, antes de realizarmos as atividades com as crianças, sendo os formadores muito acessíveis e sempre dispostos a ajudar, mantendo um clima de aprendizagem partilhada e muito nos “acrescenta” em termos da nossa prática letiva. (Aurélia, 2018)

Relativamente ao apoio dos formadores, as visitas às escolas para realizar atividades práticas, com os alunos das turmas dos professores, foram muito valorizadas pelos mesmos. De facto, estes consideram que estas experiências em aula são muito ricas e essenciais para a eficácia da ação: “Um dos pontos mais altos, penso que é mesmo a visita dos formadores/professores, às turmas (...)” (Anacleto, junho 2017); “as idas dos Formadores à minha sala de aula, foram excelentes contributos (...)” (Cristiana, junho 2018).

A partilha de boas práticas entre os professores também foi reconhecida pelos mesmos tal como indicam os excertos seguintes: “A partilha de boas práticas entre os professores, com a apresentação do trabalho feito em sala de aula pelos meus colegas, foi muito enriquecedora.” (Ilda, junho 2017); “(...) assistimos a uma Conferência (...) que foi um ótimo espaço de reflexão e partilha de alguns trabalhos realizados por colegas” (Catarina, 2018). Mais alguns excertos de relatórios são os seguintes:

Sem dúvida, esta ação permitiu realizar outros tipos de experiências (...) a aplicação de novas metodologias na sala de aula e permitiu a partilha de práticas entre todos os formandos (Maria, Relatório final, junho 2017).

(...) é sempre uma mais valia poder aprender, trocar experiências, partilhar dúvidas e criar novas estratégias e metodologias de intervenção e desenvolvimento de competências. (Hélia, junho de 2017)

Por fim, os professores avaliam este programa de desenvolvimento profissional como claramente positivo e reconhecem a relevância e a pertinência mesmo:

Considero que esta formação foi crucial para refletir e adquirir conhecimentos, tendo proporcionado ferramentas para desenvolver práticas atualizadas. (Cândida, 2017)

Posso agora dizer que me encontro melhor preparada para transmitir matemática, ciências e tecnologia aos meus alunos. (Hélia, junho de 2017)

Por tudo o que fui dizendo avalio esta ação de formação como excelente (...). (Ivete, 2017)

Esta oficina de formação foi sem dúvida muito positiva para a evolução das minhas práticas letivas. Foi bastante benéfica para a minha formação profissional e consequentemente para a aprendizagem dos meus alunos. (Carlota, junho de 2017)

No final de qualquer ação de formação é importante sentirmos que valeu a pena e que foi útil. Nesse aspeto esta ação correspondeu totalmente às minhas expectativas e contribuiu para alargar horizontes. (Andrina, 2018)

No que diz respeito à minha prática docente, considero que esta formação foi muito oportuna e pertinente, por me ter possibilitado o contacto com áreas e temas para os quais não estava tão desperta, como a astronomia, o som ou a eletricidade. (Alda, 2017)

Considero que foram importantes as sessões plenárias no início de qualquer tema, incentivando-nos às atividades e nas sessões de grupo também podemos expor as nossas dúvidas e confrontar opiniões, tirando ideias e manuseando materiais. São sessões muito práticas e interessantes pelo que gostaria de poder dar continuidade a esta formação, no próximo ano letivo. (Aurélia, 2018)

Esta formação foi interessante e oportuna, tendo sido desenvolvido trabalho prático ao longo das diversas sessões, cujas temáticas diversificadas são bastante apelativas, indo de encontro ao Plano Estratégico do nosso Agrupamento bem como, às necessidades atuais dos professores, no trabalho experimental, a realizar com os seus alunos. (Alberta, 2018)

No testemunho da professora Alberta está patente que esta formação não só correspondeu às necessidades do Plano Estratégico do seu Agrupamento mas, também, correspondeu às necessidades dos professores. Desta forma, verifica-se que o programa de desenvolvimento profissional teve impacto nas práticas letivas dos professores e, além disso, os mesmos reconheceram que esta foi adequada e contribuiu para os munir de novos conhecimentos e de capacidade para inovarem as suas práticas letivas. Em resumo, a motivação e confiança dos professores, o trabalho colaborativo, nomeadamente as visitas às aulas dos professores e a partilha de boas práticas entre os pares, são categorias estratégicas para a eficácia deste programa de desenvolvimento profissional.

## 6 Conclusões: desenvolvimento profissional de professores em STEM, da teoria à prática

Neste capítulo, são apresentadas as principais conclusões do estudo desenvolvido, durante três anos letivos, procurando responder às questões de investigação colocadas. A principal questão está relacionada com a introdução de atividades práticas *hands-on* que integram as STEM, no Ensino Básico. Tendo em conta que os professores desempenham um papel essencial em qualquer processo de renovação pedagógica, o foco deste estudo foi o seu desenvolvimento profissional, o que conduziu às seguintes questões de investigação:

- Como implementar um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) de professores de modo a integrar as STEM através de atividades práticas *hands-on* no Ensino Básico?
- Quais são as características e/ou estratégias deste PDP que promovem a sua eficácia?
- Como se caracterizam os conhecimentos dos professores necessários para estes conseguirem implementar esta abordagem em aula?

Para responder às questões de investigação, acima colocadas, foram realizados três ciclos de *Teacher Design Research* (TDR), os quais decorreram durante três anos letivos. Os participantes deste estudo foram professores do 1.º CEB que se inscreveram em ações de formação acreditadas (Tabela 4.1 e Tabela 4.2), na área da Matemática, Ciências e Tecnologia. A eficácia de um PDP está relacionada com a inovação nas práticas dos professores (Darling-Hammond et al., 2017; Murphy et al., 2015). Por este motivo, nas duas primeiras secções discute-se a inovação das práticas letivas dos professores e as estratégias que promoveram a eficácia do programa de formação, no sentido em que conduziu os professores de forma a estes conseguirem implementar tarefas que incluíam atividades práticas *hands-on* integradoras das STEM. Na terceira secção, apresentam-se os conhecimentos dos professores que foram identificados ao longo deste estudo, procurando responder à última questão de investigação colocada. O capítulo termina com uma secção destinada ao trabalho para o futuro. De facto, no decorrer desta investigação foram surgindo várias dimensões e inúmeras ideias de outras investigações a desenvolver. Neste sentido, este trabalho é apenas o primeiro de outros que se seguirão com o objetivo de complementar os resultados agora apresentados.

## 6.1 Inovação das práticas dos professores

A literatura identifica várias dificuldades relacionadas com a implementação de atividades práticas de ciências (Afonso et al., 2005; Carvalho et al., 2004; Gillies & Nichols, 2015; Löfgren et al., 2013). Nos questionários aplicados aos professores no primeiro workshop de cada ciclo de TDR, também se verificou que poucos professores realizavam atividades práticas relacionadas com temas tais como astronomia, som ou eletricidade. Neste sentido, pelo menos dois dos agrupamentos de escolas, cujos professores participaram neste programa de formação, foram referenciados como desenvolvendo “pouca prática experimental sistemática e sequencial, ao longo dos três níveis de ensino”, sendo esta “uma das fragilidades apontadas pelo relatório Inspeção Geral da Educação e Ciência (...) em relação a este Agrupamento” (Marina, Relatório final, 2018). Por este motivo, o referido Agrupamento implementou a medida “Aprendo com a Ciência” no âmbito do Plano de Ação Estratégica de Promoção da Qualidade das Aprendizagens. Outros relatórios de professores de outro dos agrupamentos de escolas, envolvidos na formação, também referiram que o seu agrupamento tinha sido referenciado pelos mesmos motivos. Na conferência “Matemática, Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências” que decorreu no dia 14 de março de 2018, duas diretoras de dois agrupamentos de escolas referiram este aspeto como o principal motivo que as levou a escolher este programa de formação como uma das medidas estratégicas do respetivo agrupamento. Ambas as diretoras disseram que com a participação dos professores neste programa de desenvolvimento profissional, o panorama estava a melhorar. Por exemplo, o Agrupamento de uma delas defendeu esta medida, no ano letivo 2017/2018, como promotora do sucesso escolar e um dos vídeos sobre esta iniciativa encontra-se no site do Ministério da Educação (PNPSE, 2018).

Para além da realização de atividades práticas *hands-on* de ciências, a promoção da interdisciplinaridade e o recurso a novas estratégias de ensino têm vindo a ser cada vez mais recomendados na literatura. Mas, vários autores também referem dificuldades relacionadas com a promoção da interdisciplinaridade (Ríordáin et al., 2016), bem como com a implementação do questionamento investigativo (Rocard et al., 2007; PRIMAS; 2011; Varela & Costa, 2015). O programa de formação, no qual participaram professores do 1.º CEB, foi para além da implementação de atividades práticas de ciências. Desde o início que um dos objetivos era a promoção da interdisciplinaridade, nomeadamente a integração das STEM, assim como o recurso a estratégias de ensino que tornassem a aprendizagem mais significativa, como é o caso do questionamento investigativo. Ora tendo em conta que não fazia parte da prática letiva habitual dos professores realizar atividades práticas *hands-on* de ciências promovendo a interdisciplinaridade e recorrendo ao questionamento investigativo, o projeto de intervenção implicava inovar as práticas letivas dos mesmos.

De acordo com o referido no Capítulo 2, para inovar as práticas dos professores é fundamental promover o seu desenvolvimento profissional. No contexto deste estudo, esta inovação está relacionada com a implementação de atividades práticas *hands-on* relacionadas



com as STEM e com o recurso a estratégias de ensino adequadas. Neste sentido, para fazer face aos apelos para a promoção da interdisciplinaridade (Baker & Galanti, 2017), bem como para usar estratégias de ensino que tornem a aprendizagem mais significativa, como é o caso do questionamento investigativo (Krogh & Morehouse, 2014), inúmeros autores defendem a importância de desenvolver um programa de desenvolvimento profissional adequado para apoiar os professores na inovação das suas práticas (Afonso et al., 2005; Darling-Hammond et al., 2017; Murphy et al., 2015; Rocard et al., 2007; PRIMAS, 2011).

No entanto, o desenvolvimento profissional de professores é muito complexo, o que justifica a necessidade de continuar a desenvolver investigação nesta área (Avalos, 2011; Hewson, 2007; Mishra et al., 2006). Em particular, há falta de estudos empíricos sobre esta temática (Darling-Hammond et al., 2017), nomeadamente com professores em serviço (Ríordáin et al., 2016). Por outro lado, a problemática, acima identificada, justifica a necessidade de desenvolver um programa de desenvolvimento profissional de professores que seja eficaz para ultrapassar as dificuldades diagnosticadas. Assim, esta investigação contribui para a literatura apresentando um estudo empírico cujo principal foco foi investigar como promover o desenvolvimento profissional de professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico (1.º CEB), de modo a que estes desenvolvam e implementem atividades práticas *hands-on*, em aula, que integrem as STEM, STEAM ou STEAMH. Recorrendo a uma metodologia de *Teacher Design Research* (TDR) foram realizados três ciclos de TDR, a fim de adaptar e redesenhar o programa de formação de forma a que fossem atingidos os objetivos previamente definidos.

A inovação nas práticas dos professores é um aspeto chave para indicar a eficácia de um PDP (Darling-Hammond et al., 2017; Murphy et al., 2015). Deste ponto de vista, este PDP teve impacto positivo nos professores que implementaram diversas atividades práticas e tiraram partido das mesmas, para propor e desenvolver tarefas de matemática relacionadas com a astronomia, som ou eletricidade, entre outras, destinadas aos seus alunos, as quais não faziam parte das suas práticas letivas habituais.

Quanto às estratégias de ensino aplicadas nos *workshops* do programa de desenvolvimento profissional, a principal metodologia de implementação das tarefas *hands-on* foi o questionamento investigativo. Nos estudos de caso apresentados, foram evidenciados exemplos de implementação das tarefas recorrendo a esta abordagem. Por exemplo, a professora Luísa trabalhou essencialmente a matemática recorrendo a dados da vida real centrados nos seus alunos, explorando o seu espírito investigativo e promovendo a discussão quer individual com um aluno quer com toda a turma. As professoras Manuela, Marina e Josefina criaram e implementaram tarefas interdisciplinares relacionadas com a matemática, som, astronomia e com a eletricidade. Em todos os casos, os alunos usaram instrumentos de observação e medida, tal como sugerido nos programas curriculares. Além disso, os alunos foram envolvidos em tarefas através de questões orientadas, discutindo possíveis soluções, com o objetivo de tirarem conclusões e comunicando os resultados aos pares, tal como recomendado na literatura (NRC, 2000; PRIMAS; 2011). Os diálogos desenvolvidos, quer com um aluno quer com a turma, inserem-se na estrutura

destacada por Artigue e Blomhøj (2013) que referem a importância das interações entre o professor e os estudantes e, ainda, entre os próprios estudantes.

Com base na análise dos portfólios dos professores e nos estudos de caso apresentados, verificou-se que estes referiram alterações nas suas práticas letivas, por terem participado neste programa de formação, assim como reconheceram a importância de realizar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM. O questionamento investigativo foi valorizado pelos mesmos, sendo aplicado em aula. Os professores reconheceram que esta abordagem teve impacto nos seus alunos e promoveu o seu interesse pela aprendizagem nestas áreas e, ainda, desenvolveu o seu sentido crítico.

Tal como referido por alguns autores (Afonso et al., 2005; Darling-Hammond et al., 2017), verificou-se a importância de implementar um programa de desenvolvimento profissional colaborativo, onde os professores se sintam apoiados e tenham oportunidade de aprender e experimentar o que se espera que venham a desenvolver em aula. Além disso, os professores devem apropriar-se das inovações tornando-as nas suas próprias práticas de modo a estas terem efeitos reais (Zehetmeier et al, 2015). Foi o que aconteceu com os professores que criaram as suas próprias tarefas e as implementaram em aula com os seus alunos, tal como exemplificado nos estudos de caso apresentados. Desta forma, pode-se concluir que o programa de desenvolvimento profissional teve efeito real nos professores, uma vez que estes criaram e implementaram as suas próprias práticas letivas, relacionadas com a abordagem usada nos *workshops* que integraram o programa de formação. Estas são características que, de acordo com Desimone (2009), conduzem aos resultados pretendidos do PDP, uma vez que resultam em alterações nas práticas em aula dos professores.

## 6.2 Estratégias que promovem a eficácia do PDP

As conclusões anteriores sobre as inovações das práticas letivas dos professores, que estão relacionadas com o modelo colaborativo do Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) em que os formadores apoiam os professores, estão de acordo com vários autores que sustentam a importância de apoiar os formandos no contexto do seu desenvolvimento profissional (Borko et al., 2010; Capps & Crawford, 2013; Desimone, 2009; Zehetmeier et al., 2015) e referem alterações nas práticas dos mesmos, após estes frequentarem um PDP adequado (Darling-Hammond et al., 2017; Murphy et al., 2015).

De facto, foi o que aconteceu com os estudos de caso apresentados e, por este motivo, defende-se manter o formato deste programa de formação de professores, onde os mesmos têm oportunidade de trabalhar o que se espera que venham a implementar em aula, nomeadamente as estratégias de ensino consideradas adequadas para desenvolver atividades práticas de ciências e as tarefas interdisciplinares. O trabalho colaborativo, nomeadamente o apoio aos professores e o acompanhamento em aula são aspetos considerados fundamentais para levar os professores a

concretizarem os objetivos definidos. Neste apoio dos formadores aos professores, as visitas às suas aulas para realizar e exemplificar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, assumiram um papel essencial para motivar e incentivar os professores a desenvolverem este tipo de práticas letivas. De facto, nas referências dos professores às visitas às escolas como “inéditas” e como “um momento único em aula”, também é salientado o impacto destas sessões nos estudantes. Na verdade, o impacto junto dos estudantes está muito presente nos comentários e nos relatórios dos professores, o que demonstra a sua preocupação com os mesmos. Por este motivo, o reconhecimento da importância desta abordagem nos estudantes é crucial para motivar os professores para eles próprios também desenvolverem e implementarem esta abordagem. Para além desta motivação, a oportunidade de verem e ajudarem os formadores na implementação das tarefas em aula também contribui para a própria aprendizagem dos professores, que assistem em primeira mão à exemplificação da aplicação de atividades práticas *hands-on* em aula com os respetivos alunos.

Ainda no âmbito do trabalho colaborativo, a partilha de boas práticas entre os professores também se revelou uma mais valia para os motivar e encorajar a desenvolver este tipo de práticas letivas, principalmente no que diz respeito aos professores que manifestavam mais resistência para desenvolver esta abordagem em aula. Por exemplo, nas primeiras sessões de formação era muito frequente os professores referirem dificuldades em realizar atividades práticas de ciências. Alguns argumentos tinham a ver com “ser difícil fazer atividades experimentais nos primeiros anos”, “com as turmas grandes” ou com a “falta de materiais”, entre outras. Alguns (felizmente poucos) chegavam mesmo a dizer que estas práticas não faziam parte dos objetivos do 1.º CEB, o que não deixa de ser preocupante porque quer o programa quer os manuais da área curricular de Estudo do Meio são muito claros nestes objetivos e, inclusivamente, fazem propostas de tarefas práticas a realizar relacionados com os temas da astronomia, som ou eletricidade, entre outros. No entanto, quando os professores têm a oportunidade de ver o trabalho desenvolvido pelos colegas, em aula, percebem que essas dificuldades podem ser ultrapassadas. De facto, se os colegas conseguem então isso significa que é possível desenvolver esta abordagem apesar das dificuldades inicialmente apontadas. Por este motivo, no terceiro ciclo de TDR, a partilha de boas práticas evoluiu dos *workshops* para uma conferência, destinadas a toda a comunidade, a fim de motivar mais professores a seguirem o exemplo dos colegas. Esta iniciativa já está a dar frutos porque alguns dos professores que assistiram à apresentação dos colegas pediram os planos de aula dos mesmos para também reproduzirem as atividades práticas nas suas aulas.

Com a investigação desenvolvida, entende-se que foi este o contexto formativo que motivou os professores a inovarem as suas práticas. Com o apoio dos formadores, os professores não só conseguiram realizar atividades práticas *hands-on* interdisciplinares relacionadas com tópicos tais como a astronomia, som ou eletricidade (entre outros) com os seus alunos, como recorreram ao questionamento investigativo para as implementar em aula.

Apesar das dificuldades encontradas na literatura relativamente à implementação da educação em ciências, da promoção da interdisciplinaridade e do questionamento investigativo,

conclui-se ser possível mudar este cenário, através de um contexto formativo que exemplifica estas abordagens e que apoia os professores na inovação das suas práticas, nomeadamente no contexto da sua aula e que promove a partilha de boas práticas entre os professores.

### 6.3 O conhecimento dos professores para ensinar

O estudo realizado por Shulman (1986) refere a existência de um conhecimento especializado único para ensinar, o qual resulta essencialmente do Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar e do Conhecimento Pedagógico dando origem ao Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK - Pedagogical Content Knowledge). O PCK tem sido desenvolvido por vários autores, aplicado a diferentes áreas curriculares como por exemplo a matemática (Ball et al., 2008) ou as ciências (Luft et al., 2015) ou, ainda, relacionado com a introdução da tecnologia (Koehler et al., 2013).

No entanto, no decorrer da revisão da literatura, não foram encontrados estudos que apresentassem um modelo que caracterizasse o conhecimento para ensinar que envolvesse várias áreas disciplinares, nomeadamente relacionado com a integração das STEM. Assim, no âmbito desta investigação, procurou-se encontrar um modelo que representasse o conhecimento necessário para integrar as referidas áreas. Ora, um dos principais objetivos do programa de desenvolvimento profissional é que os professores consigam implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com os tópicos abordados. Desta forma, os professores não só têm que adquirir conhecimentos teóricos sobre as matérias a ensinar, mas também têm que ser capazes de realizar as atividades práticas *hands-on*, relacionadas com essas matérias, de forma a que estas façam sentido para os alunos. Com base na análise dos dados recolhidos, durante os três ciclos de TDR, procurou-se construir um modelo que representasse qual é o conhecimento necessário para implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH.

Os estudos de caso, apresentados na secção 5.3, permitiram aprofundar o conhecimento especializado que já se começava a identificar nas secções anteriores. Por exemplo, nos estudos de casos de duas professoras que participaram no 1.º ciclo de TDR (Luísa e Mariana) foram identificados os seguintes conhecimentos específicos para realizar atividades práticas *hands-on* de ciências: CTeoCi, CTecCi, CPTeoCi e CPTecCi (Tabela 5.1). No entanto, apesar de estas professoras inovaram as suas práticas, uma vez que realizaram atividades que não faziam parte das suas práticas letivas habituais, as mesmas não apresentaram evidências de implementação de atividades práticas *hands-on* que integrassem as STEM. Com a reestruturação do programa de desenvolvimento profissional, a partir da experiência adquirida no 1.º ciclo de TDR, verificou-se que no 2.º ciclo de TDR a interdisciplinaridade passou a ganhar protagonismo como foi exemplificado nos três últimos estudos de caso. Desta forma, surgiram os conhecimentos específicos relacionados com as STEAM (Tabela 5.2) e, no 3.º ciclo de TDR, relacionados com as STEAMH (Tabela 5.8 e Figura 5.35).

A análise e discussão dos dados, mostra que é possível motivar os professores por temas tais como astronomia, som ou eletricidade, de forma a estes conseguirem propor tarefas interdisciplinares, nomeadamente envolvendo a matemática. A matemática trabalhada enquadra-se nos domínios de Números e Operações, Geometria e Medida e Organização e Tratamento de Dados. Desta forma, verifica-se que a falta de Conhecimento de Conteúdo Teórico sobre as matérias relacionadas com as ciências, ou de Conhecimento Técnico para implementar atividades práticas *hands-on*, identificados como causadores de insegurança nos professores, pode ser alterada através de um programa de formação adequado. Ao adquirirem estes conhecimentos especializados, os professores ganham motivação e confiança para inovarem e acabam por manifestar Conhecimento Pedagógico para criar e implementar tarefas adequadas aos seus alunos, como aconteceu nos estudos de caso apresentados.

Relativamente ao Conhecimento de Conteúdo Teórico, por exemplo na área da astronomia, foram realizados testes diagnósticos, aplicados antes e depois dos *workshops* relacionados com este tema. Com base na comparação dos resultados dos dois testes ficou patente a aquisição de Conhecimento Teórico (CTeoCi) sobre os tópicos abordados nos dois *workshops* de astronomia. Esta melhoria no Conhecimento Teórico está relacionada com a metodologia usada no programa de desenvolvimento profissional, onde as abordagens *hands-on*, realizadas enquanto se apresentavam os conteúdos teóricos, assim como o ambiente colaborativo entre formadores e formandos desempenharam um papel fundamental. De facto, este foi um aspeto bastante evidenciado nos testemunhos dos professores apresentados nos seus relatórios individuais. A mesma abordagem *hands-on* também contribuiu para enriquecer o Conhecimento Técnico (CTecCi), assim como Conhecimento Pedagógico (CPTeoCi e CPTecCi), através da forma exemplificativa de implementar uma atividade prática, tal como referiram muitos professores. As características do contexto formativo, acima assinaladas, são consideradas por alguns autores como promotoras da eficácia de um dado PDP (Darling-Hammond et al., 2017; Desimone, 2009).

Outra dimensão explorada tem a ver com a promoção das STEM, STEAM ou STEAMH no ensino básico (Costa & Domingos, 2018a), assim como com os conhecimentos necessários para implementar tarefas relacionadas com estas áreas (Costa & Domingos, 2018e). Nos estudos de caso apresentados, em particular das professoras Manuela, Marina e Josefina, verificou-se que com o apoio dos formadores no decorrer da formação, os professores foram capazes de desenhar e implementar, em aula, tarefas práticas *hands-on* relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH (Tabelas 5.3, 5.8 e 5.9). Para atingir estes resultados foi necessário adquirir conhecimento especializado relacionado com os tópicos a integrar. No entanto, para a eficácia da implementação das tarefas em aula, de modo a torná-las significativas para os alunos também é fundamental Conhecimento Pedagógico. De facto, nos casos apresentados, as professoras usaram Conhecimento Teórico e Conhecimento Técnico relacionados com os conteúdos das STEM, STEAM ou STEAMH e transformaram-no para ensinar de modo a torná-lo compreensível para os alunos, tal como defendido por vários autores (An, 2017; Ball et al., 2008; Mishra et al., 2006; Shulman, 1986), o que revela Conhecimento de Conteúdo Pedagógico.

As professoras, Manuela, Marina e Josefina, adquiriram Conhecimento Teórico sobre ciências (astronomia, som e eletricidade), Conhecimento Técnico para implementar atividades práticas *hands-on*, Conhecimento Tecnológico usando software e recorrendo à internet (TK) para preparar as lições a ministrar aos alunos. Além disso, elas revelaram capacidade para recolher informação do currículo, pesquisar conteúdos para ensinar que não faziam parte das suas práticas letivas habituais e, principalmente, competência para adequar o Conhecimento especializado a ensinar (CTeoSTEAM e CTecSTEAM) de modo a torná-lo acessível aos seus alunos, revelando Conhecimento Pedagógico (CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM). De facto, tal como refere An (2017), os tópicos individuais das matérias a ensinar foram sistematizados, modificados e exemplificados para o ensino em aula (PCK).

Com a formação recebida, as professoras aumentaram os seus conhecimentos da matéria a ensinar e conhecimento pedagógico, adquirindo capacidade para criar e implementar atividades práticas que não faziam parte da sua atividade letiva habitual. Verificou-se que as professoras, em estudo, adquiriram conhecimentos para inovar as suas práticas, no sentido em que estas foram apropriadas pelas professoras que mostraram autonomia para as implementar com os seus alunos, tal como referido por Zehetmeier et al. (2015). Conclui-se que com o acompanhamento adequado dos formadores, os professores ganharam conhecimento relacionado com as STEM, STEAM ou STEAMH, de modo a conseguirem propor tarefas que integram estes conteúdos. Além disso, os professores tiveram a capacidade de transformar o Conhecimento especializado adquirido de forma a torná-lo acessível aos seus alunos, através do planeamento e implementação de diversas atividades práticas *hands-on* que foram conduzidas de forma a que os alunos se envolvessem nas mesmas experimentando, discutindo ideias e procurando tirar conclusões. Este último aspeto retrata a importância do Conhecimento Pedagógico, o qual permite tornar o Conhecimento Teórico e Técnico significativo para os alunos. Deste ponto de vista, apesar de se reconhecer que sem adquirirem o Conhecimento Teórico e Conhecimento Técnico relacionado com os conteúdos a lecionar os professores não vão inovar as suas práticas, também se reconhece a importância de adquirirem o Conhecimento Pedagógico (CPTeoSTEAM e CPTecSTEAM) para tornarem os conhecimentos acessíveis aos seus alunos promovendo a aprendizagem significativa. Para implementar atividades práticas interdisciplinares, nomeadamente relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH, conclui-se ser necessário adquirir conhecimento especializado relacionado com os conteúdos a ensinar, mas, não menos importante, é fundamental o conhecimento pedagógico para tornar os conteúdos acessíveis e significativos para os alunos de forma a promover a sua aprendizagem.

## 6.4 Divulgação dos resultados em conferências e publicações em revistas internacionais

Nesta secção, começa-se por enquadrar os resultados de estudos desenvolvidos pela investigadora, no âmbito de publicações em revistas internacionais e da participação em conferências nacionais e internacionais. As principais dimensões dos artigos publicados estão relacionadas com a inovação das práticas dos professores (Costa & Domingos, 2017a), com a promoção da interdisciplinaridade (Costa & Domingos, 2017b; Costa & Domingos, 2018g; 2019b; Costa, Domingos, & Teodoro, 2018a), com as estratégias de ensino (Costa & Domingos, 2018f; Costa, Domingos, & Teodoro, 2018b) e com os conhecimentos dos professores (Costa & Domingos, 2018c; 2019e).

Face às investigações que revelam dificuldades na implementação do questionamento investigativo, o que faz com que este raramente seja usado na maioria das escolas portuguesas do 1.º CEB (Varela & Costa, 2015), Costa, Domingos e Teodoro (2018b) verificam ser possível mudar as práticas letivas dos professores passando para um ensino mais construtivista e promotor da aprendizagem significativa, através de um programa de desenvolvimento profissional que exemplifica esta abordagem e apoia os professores na sua implementação em aula.

No contexto da interdisciplinaridade são vários os estudos que dão destaque à matemática e ciências (Costa & Domingos, 2016; Costa & Domingos, 2017c; Costa & Domingos, 2018b, 2018d; Costa, Domingos, & Teodoro, 2018a). Por outro lado, as STEM têm vindo a ganhar protagonismo (Costa & Domingos, 2017d; Costa & Domingos, 2019a; 2019b; 2019c; 2019d). Ainda na dimensão da interdisciplinaridade, foi proposta a sigla STEAMH como uma introdução inovadora dos tópicos relacionados com Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática e Património (Costa & Domingos, 2018a; Costa & Domingos, 2018e).

O fio condutor de praticamente todas estas publicações é o desenvolvimento profissional dos professores. Por exemplo, Costa, Domingos e Teodoro (2018a) descrevem o impacto do Programa de Desenvolvimento Profissional no que diz respeito ao desenvolvimento de práticas de ensino da matemática, a partir de atividades práticas *hands-on* de astronomia, de professores do 1.º CEB. O questionamento investigativo foi defendido em Costa, Domingos e Teodoro (2018b), como a abordagem recomendada no caso da implementação de atividades práticas *hands-on* de ciências. Em Costa e Domingos (2018f) esta abordagem é estudada no âmbito das STEM e, em particular, na implementação de tarefas relacionadas com a matemática.

Por outro lado, os conhecimentos dos professores são incontornáveis quando se estuda o seu desenvolvimento profissional. Neste sentido, a investigadora sentiu necessidade de desenvolver estudos anteriores, de modo a entender quais são os conhecimentos que são evidenciados no contexto profissional em estudo. Surgiu assim um primeiro artigo relacionado com o conhecimento necessário para ensinar ciências (Costa & Domingos, 2018c). Mas, como a interdisciplinaridade começou a ganhar cada vez mais protagonismo, a investigadora sentiu

necessidade de estender este primeiro estudo. Numa primeira fase, foi desenvolvido um enquadramento teórico sobre o conhecimento necessário para implementar atividades práticas interdisciplinares *hands-on* relacionadas com as STEAMH (Costa & Domingos, 2018e). Posteriormente, submeteu mais um artigo que procura investigar em que medida este quadro se reflete em professores do primeiro ciclo do Ensino Básico (1.º CEB) que participaram num Programa de Desenvolvimento Profissional que envolveu conteúdos relacionados com as STEAMH, mas este ainda aguarda revisão.

Nos primeiros estudos verificou-se que as maiores dificuldades dos professores estavam relacionadas com a promoção da interdisciplinaridade, uma vez que normalmente optavam por trabalhar um tópico sem o relacionar com outras áreas curriculares. Para contrariar esta tendência, logo no segundo ciclo de TDR houve um investimento por parte dos formadores no sentido de exemplificar mais tarefas interdisciplinares e um acompanhamento mais próximo dos formandos para os incentivar a inovar as suas práticas promovendo a interdisciplinaridade. Com este apoio verificou-se um aumento da implementação de atividades interdisciplinares mais “ricas”, no sentido em que são mais integradoras de conteúdos relacionados com as STEM, STEAM ou STEAMH, e mais centradas nos alunos. Uma estratégia deste modelo de formação que tem vindo a ser reforçada é a partilha de boas práticas entre os formandos. Com esta partilha, os professores podem não só reproduzir tarefas validadas pelos próprios colegas como podem desenvolvê-las tornando-as ainda mais inovadoras. Em particular, no último ciclo de TDR a integração das STEAMH surgiu em algumas das tarefas propostas, o que exemplifica este enriquecimento do desenho de tarefas cada vez mais integradoras de várias áreas curriculares.

## 6.5 Síntese das conclusões

Em resposta à primeira questão de investigação, para implementar um Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) de professores, que seja eficaz, é fundamental criar uma rede que os apoie, no decorrer da sua formação, de modo a motivá-los e muni-los de confiança para estes inovarem as suas práticas letivas. Foi esta rede que foi criada com instituições do ensino superior, centros de formação e os agrupamentos de escolas envolvidos. Com o projeto financiado “Ciência nas escolas”, esta rede foi alargada a toda a Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo. Além disso, com a participação em conferências nacionais e internacionais, esta rede continua a crescer incluindo parcerias internacionais. Com o trabalho desenvolvido, acredita-se que foi criada uma parceria e trabalho colaborativo entre instituições do ensino superior, centros de formação, agrupamentos de escolas, investigadores e professores, tal como recomendado na literatura (e.g., Geiger, Goos, Dole, Forgasz, & Bennison, 2014; Hewson, 2007; Rocard et al., 2007; Young, 2007).

Nesta investigação, verificou-se que os professores que participaram no PDP adquiriram motivação para implementar as abordagens propostas, reconhecendo a importância que as



mesmas tiveram nos respetivos alunos. No entanto, só a partir do 2.º ciclo de TDR é que se revelou a confiança dos mesmos para realizarem atividades práticas *hands-on* relacionadas com as STEM ou STEAM e, no 3.º ciclo de TDR, relacionadas com as STEAMH. No final de três ciclos de TDR, conclui-se que o PDP foi bem sucedido tendo em conta que os professores implementaram, em aula, o que aprenderam no decorrer da sua formação tal como referido por alguns autores (Buczynski & Hansen, 2010; Desimone, 2009). Além disso, as inovações foram apropriadas pelos professores e transformadas na sua própria prática, o que de acordo com Zehetmeier et al. (2015) significa que o PDP teve impacto real nos professores.

No que diz respeito à 2.ª questão de investigação, verificou-se que para além de um programa com uma forte componente prática exemplificativa de atividades práticas *hands-on* nos *workshops* de formação presencial, também se destaca o ambiente colaborativo deste programa, nomeadamente o apoio prestado aos professores. Estes aspetos estão de acordo com vários autores que defendem a importância de apoiar os professores no âmbito do seu desenvolvimento profissional (Darling-Hammond et al., 2017; Desimone, 2009; Murphy et al., 2015). No entanto, no caso particular deste PDP, os professores destacaram algumas características inovadoras deste contexto formativo. Entre elas, as visitas dos formadores às escolas para realizar atividades práticas e a partilha de boas práticas entre os pares. As visitas são muito motivadoras para os professores pois assim têm oportunidade de ver como implementar esta abordagem e ainda observar o impacto da mesma nos alunos. A partilha de boas práticas aparenta ser uma das estratégias mais eficazes para inovar as práticas dos professores, uma vez que a mesma permite dar conta da forma como os respetivos colegas conseguiram implementar as tarefas em aula. Por este motivo, a partilha de boas práticas é uma das estratégias do PDP que tem vindo a ser reforçada, ao ponto de já ocorrer em conferências destinadas a toda a comunidade.

Outro aspeto importante para motivar os professores para inovarem as suas práticas tem a ver com o reconhecimento do impacto das abordagens nos respetivos alunos. Neste sentido, foram muitas as referências sobre o gosto e o interesse dos alunos pela aprendizagem nestas áreas. Os professores chegam a assinalar uma aprendizagem simultânea de professores e alunos, no âmbito deste PDP. Além disso, os professores referiram aquisição de novos conhecimentos para ensinar. De facto, tal como exemplificado nos estudos de caso apresentados, ensinar é uma prática profissional que vai muito para além do que é visível no currículo (Ball, 2003). Para além de conhecimento especializado sobre os conteúdos a ensinar (SMCK – Subject Matter Content Knowledge), cabe ao professor saber como transmitir este conhecimento aos seus alunos (PCK – Pedagogical Content Knowledge). Na verdade, ensinar requer interpretar, justificar, generalizar e definir, requer saber as ideias e os procedimentos em detalhe e sabê-los suficientemente bem para os representar e explicá-los com habilidade/eficácia de diferentes formas (Ball, 2003).

Em resposta à terceira questão de investigação, foi possível desenvolver um modelo de conhecimento para ensinar que representasse a componente prática *hands-on*, relacionada com as áreas das STEM, STEAM ou STEAMH (Tabela 5.2, Tabela 5.4 e Figura 5.35) integradas neste contexto formativo. Desta forma, verificou-se que os professores não só têm que adquirir

Conhecimento Teórico para ensinar temas tais como astronomia, som ou eletricidade; mas, também, precisam de Conhecimento Técnico para implementar atividades práticas *hands-on* relacionadas com os temas abordados. Ao adquirirem este conhecimento especializado, os professores com experiência de ensino acabam por revelar Conhecimento Pedagógico para tornar os conhecimentos acessíveis aos alunos, de modo a promover a sua aprendizagem sobre os tópicos em estudo.

Em resumo, conclui-se que com a criação de uma rede colaborativa é possível implementar um programa de desenvolvimento profissional de professores adequado às suas necessidades, de forma a inovar as suas práticas letivas. Para a eficácia deste PDP, em particular, destaca-se a forte vertente experimental exemplificativa e o trabalho colaborativo que envolve o apoio aos professores, nomeadamente as visitas dos formadores às aulas dos formandos para realizar atividades práticas e/ou observar os professores em ação. Por fim, destaca-se a partilha de boas práticas como bastante importante para motivar os professores e por ser um exemplo de como os colegas conseguem desenvolver esta abordagem em aula. De facto, a oportunidade de verem as tarefas que os pares desenvolveram é bastante inspiradora e faz com que os professores acreditem que é possível inovar as suas práticas. Por fim, conclui-se que os professores que participaram neste PDP adquiriram conhecimento e competências para inovarem as suas práticas, nomeadamente para implementarem tarefas interdisciplinares, em aula, relacionadas com as STEM, STEAM ou STEAMH. Tal como referido por Zehetmeier et al. (2015, p. 168) que defendem que “as inovações devem ser apropriadas pelas pessoas que as implementam e transformadas na sua prática pessoal, de forma a terem efeitos reais”, os professores em estudo apropriaram-se das práticas por eles desenvolvidas, o que significa que este PDP teve impacto real nas práticas letivas dos professores que participaram no mesmo.

## **6.6 Trabalho para o futuro: continuidade, alargamento e investigação**

Este estudo teve como foco os professores do 1.º CEB que participaram num PDP que decorreu durante três anos letivos, numa região do Centro de Portugal. Face às conclusões apresentadas, o objetivo seguinte é estender este modelo de desenvolvimento profissional a outras realidades, procurando avaliar a sua eficácia noutros contextos académicos, quer a nível nacional quer internacional. Neste sentido, tem sido desenvolvido um trabalho de divulgação deste modelo/abordagem em conferências nacionais e internacionais. Com esta divulgação têm surgido vários parceiros interessados em aplicar o modelo, o que irá permitir concretizar o objetivo de o testar em outros contextos e assim verificar se o mesmo resulta noutros contextos educativos. Para o efeito, estão a ser criadas plataformas eletrónicas para colocar os protocolos das práticas desenvolvidas e os guiões didáticos, em português e inglês, a fim de poderem ser reproduzidos pelos interessados.

Tendo em conta que a eficácia de um PDP também é medida pela aprendizagem dos alunos, e que este é um dos aspetos onde há falta de investigação (Darling-Hammond et al., 2017), pretende-se introduzir esta dimensão nos próximos PDP de forma a que seja possível usar turmas de controlo para aferir os resultados das práticas implementadas. Além disso, é importante continuar a desenvolver investigação para aferir sobre a sustentabilidade do PDP, continuando a acompanhar os professores no desenvolvimento das suas práticas em aula. Neste sentido, no ano letivo 2018/2019, alguns professores continuaram a procurar a investigadora com o objetivo de inovar as suas práticas, mesmo sem estarem inscritos no programa, o que mostra o seu interesse em continuar a desenvolver este tipo de atividades. Este aspeto mostra que a rede colaborativa que foi criada está a funcionar e que a mesma contribui para a sustentabilidade do PDP, tal como referido por alguns autores (Zehetmeier & Krainer, 2011). Com o trabalho desenvolvido, atualmente há uma relação de confiança que faz com que os professores continuem a pedir aos formadores para fazerem atividades nas suas escolas e procurem ajuda sempre que necessitem para inovar as suas práticas. Outro objetivo é alargar a investigação ao 2.º e 3.º CEB, com o objetivo de averiguar a sua eficácia nestes níveis de ensino. No ano letivo 2017/2018, uma das turmas dos professores em formação foi constituída por professores destes níveis de ensino, mas ainda é necessário realizar mais ciclos para apresentar resultados.

Por fim, um outro foco a investigar é em que medida é promovida a interdisciplinaridade no ensino superior, em particular na área das STEM, nomeadamente em cursos de Engenharia. E quais as estratégias de ensino habitualmente usadas? A participação em conferências também contribuiu para a criação de parcerias com vista a uma futura investigação aplicada ao ensino superior. Um primeiro passo neste sentido, é um trabalho desenvolvido por Costa et al. (2019), o qual tem como foco a metodologia de *Problem-based Learning* no âmbito de cursos de Engenharia.

Os conhecimentos adquiridos pela investigadora no decorrer deste trabalho serão valiosos para continuar a desenvolver investigação nesta área em outros contextos educacionais. Por fim atrevo-me a dizer que este trabalho consistiu em criar e desenvolver os alicerces para uma arquitetura de investigação educacional que será alargada a outros contextos.



## Referências

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.
- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (2007). *Handbook of research on science education. Teacher Professional Development in Science* (Cap. 38 by Peter W. Hewson, p. 1177-1203) em Handbook of research on science education. New York: Routledge.
- Abell, S. K., & McDonald, J. T. (2006). Envisioning a curriculum of inquiry in the elementary school. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 249-261). Dordrecht, Boston: Springer.
- Abrahams, I., Reiss, M. J., & Sharpe, R. (2014). The impact of the getting practical: Improving practical work in science continuing professional development programme on teachers' ideas and practice in science practical work. *Research in Science & Technological Education*, 32(3), 263-280.
- Afonso, M., Neves, I., & Morais, A. M. (2005). Processos de formação e sua relação com o desenvolvimento profissional dos professores [Training processes and their relationship to teachers' professional development]. *Revista de Educação*, 13(1), 5-37.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.
- An, S. A. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. *ZDM*, 49(2), 237-248.
- Anderson, D. (2015). The nature and influence of teacher beliefs and knowledge on the science teaching practice of three generalist New Zealand primary teachers. *Research in Science Education*, 45(3), 395-423.
- Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary school teachers. *Research in Science Education*, 32(3), 393-410.

- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). 'Doing' science versus 'being' a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617–639.
- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45(6), 797-810.
- Atwood, R. K., Christopher, J. E., Combs, R. K., & Roland, E. E. (2010). In-Service Elementary Teachers' Understanding of Magnetism Concepts Before and After Non-Traditional Instruction. *Science Educator*, 19(1), 64-76.
- Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and teacher education*, 27(1), 10-20.
- Baker C K, Galanti T M. (2017). Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: responsive professional development for mathematics coaches and teachers. *International Journal of STEM Education*. 4(1), 1-15.
- Bakırcı, H., & Karişan, D. (2017). Investigating the preservice primary school, mathematics and science teachers' stem awareness. *Journal of Education and Training Studies*, 6(1), 32-42.
- Ball, D. L. (2003). *Mathematics in the 21<sup>st</sup> 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.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching what makes it special? *Journal of teacher education*, 59(5), 389-407.
- Bannan-Ritland, B. (2000). Teacher Design Research. An emerging paradigm for teachers' professional development. In Kelly, A. E. & Lesh, R. A. (Ed.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. (246-262). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.
- Bardin, L. (1997). Análise de conteúdo [Content analysis]. *Lisboa (Portugal): Edições*, 70.
- Bartholomew, R., Anderson, D., & Moeed, A. (2012). Resilience of science teaching philosophies and practice in early career primary teaching graduates. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 8(2), 103-112.
- Baxter, J. A., Ruzicka, A., Beghetto, R. A., & Livelybrooks, D. (2014). Professional development strategically connecting mathematics and science: The impact on teachers' confidence and practice. *School Science and Mathematics*, 114(3), 102-113.

- Beane, J. A. (1995). Curriculum integration and the disciplines of knowledge. *The Phi Delta Kappan*, 76(8), 616-622.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5 & 6), 23-37.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I., & Galvão, C. (2013). Promoting science outdoor activities for elementary school children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796-814.
- Bogdan, R. C., Biklen, S. K., Alvarez, M. J., Vasco, A. B., dos Santos, S. B., & Baptista, T. V. M. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Borko, H., Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. In P. Peterson, E. Baker, & B. McDaw (Eds.), *International Encyclopedia of Education*, 7 (pp. 548-556). Oxford: Elsevier.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brown, S. (2014). The "Curriculum for Excellence": A Major Change for Scottish Science Education. *School Science Review*, 95(352), 30-36.
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of meaning* (Vol. 3). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1977). *The process of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Buczynski, S., & Hansen, C. B. (2010). Impact of professional development on teacher practice: Uncovering connections. *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 599-607.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30.
- Caldeira, C., Valadares, J., Neves, M., Vicente, M., & Teodoro, V. (2004). *Viver melhor na Terra (Ciências Físicas e Naturais, componente de Ciências Físico-químicas, 3.º ciclo do ensino básico)*. Lisboa (Portugal): Plátano Editora.
- Canavarro, A., & Santos, L. (2016). Recursos na Educação Matemática. In Canavarro, A., Borralho, A., Brocardo, J., Santos, L. (Eds.) (2016). *Livro de Atas do Encontro em Investigação em Educação Matemática: Recursos na Educação Matemática (EIAM 2016, 25.ª edição, 19 e 20 de novembro de 2016, pp. 3-6)*. Évora: Universidade de Évora.
- Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based professional development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science? *International Journal of Science Education*, 35(12), 1947-1978.

- Carvalho, G. S., Silva, R., Lima, N., Coquet, E., & Clement, P. (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: Identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1111-1130.
- Chowdhary, B., Liu, X., Yerrick, R., Smith, E., & Grant, B. (2014). Examining science teachers' development of interdisciplinary science inquiry pedagogical knowledge and practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25(8), 865-884.
- Chu, S., Chow, K., Tse, S.K., & Kuhlthau, C. C. (2008). Grade 4 students' development of research skills through inquiry-based learning projects. *School Libraries Worldwide*, 14(1), 10-37.
- Chu, S., Tse, S. K., & Chow, K. (2011). Using collaborative teaching and inquiry project-based learning to help primary school students develop information literacy and information skills. *Library & Information Science Research*, 33(2), 132-143.
- Cobb, P., Jackson, K., & Dunlap, C. (2016). Design research: An analysis and critique. Handbook of international research in mathematics education, 481-503.
- Cohen, L., Lawrence, M., & Keith, M. (2007). *Research methods in education*. 6th Edition. Taylor and Francis Group.
- Colombo, P. J. D., Lourenço, A. B., Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2016). Ensino de Física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 489-507.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Correia, M. (2014). *Trabalho laboratorial no 1º ciclo do ensino básico. Conceções e práticas de professores*. Tese de Doutoramento não publicada. Instituto da Educação da Universidade de Lisboa.
- Costa, M. C. (2016). *A Ciência, Arte e Tecnologia na Comunidade Envolvente*. Revista AlmadaForma, n.º13 (<https://issuu.com/almadaformarevista/docs/13almadaforma>).
- Costa, M. C. (2017) *Matemática, ciências e tecnologia: um projeto de intervenção pedagógica colaborativo e multidisciplinar*. Disponível em 1/06/2017 a partir de <http://cfemplarios.com/index.php/publicacoes/1/261-matematica-ciencias-e-tecnologia-um-projeto-de-intervencao-pedagogica-colaborativo-e-multidisciplinar>.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2016). Recursos para potenciar o ensino da matemática a partir de contextos formativos que envolvem experiências laboratoriais *hands-on*. In Canavarro, A., Borrhalho, A., Brocardo, J., Santos, L. (Eds.) (2016) *Atas do Encontro de Investigação em Educação Matemática (EIEM, 25.ª edição)*, p. 387-389. Évora: Universidade de Évora.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2017a). Innovating teachers' practices: potentiate the teaching of



- mathematics through experimental activities. Dooley, T., & Gueudet, G. (Eds.) (2017). *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (CERME 10, February 1-5, 2017, pp. 2828-2835). Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2017b). Technology as a resource to promote interdisciplinarity in primary schools. Aldon, G., & Trgalová, J. (Eds.) (2017). *Proceedings of the 12th International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (ICTMT 13, July 3 – 6, 2017, pp. 440-441). Ecole Normale Supérieure de Lyon/Université Claude Bernard, Lyon, France.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2017c). *Potenciar o ensino da matemática através de atividades experimentais hands-on num contexto de formação profissional*. In CIBEM 2017. Madrid, Espanha: Universidade Complutense de Madrid. 10 a 14 de julho de 2017 <http://www.cibem.org/index.php/pt/programa/livro-de-abstracts>
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2017d). Promote STEM areas through teachers' professional development. POSTER In Ciência Viva 2017, Lisbon, Portugal
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018a). Promoting STEAMH at primary school: a collaborative interdisciplinary project. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. 4(8), 234-245.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018b). Ensinar matemática recorrendo ao ensino experimental das ciências. In A. Caseiro, A. Domingos, J. M. Matos, F. L. Santos, M. Almeida, P. Teixeira, & R. Machado (Eds.), *Atas do XXIX Seminário de Investigação em Educação Matemática* (pp. 97-109). Lisboa: Associação de Professores de Matemática.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018c). Qual o conhecimento para implementar o ensino experimental das ciências? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 8(1), 51-72.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018d). *Promoting mathematics' teaching through hands-on science experiments*. In PME 42. Umeå, Sweden (3 to July 8, 2018).
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018e). *What knowledge is necessary to promote interdisciplinarity in primary school?* In WCLTEL (9<sup>th</sup> World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership, 26-28 outubro de 2018): Roma, Itália.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018f). O questionamento investigativo na aula de matemática e na integração das STEM. In A. Rodrigues, A. S. Ana Barbosa, A. Domingos, C. Carvalho, C. Ventura, C. Costa, H. Rocha, J. M. Matos, L. Serrazina, M. A. Teixeira, R. Carvalho, R. Machado, & S. Carreira (Eds.), *Encontro em Investigação em Educação Matemática - A Aula de Matemática* (pp. 227-240). Coimbra: SPIEM.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2018g). Promoting interdisciplinarity in primary school in the framework of science education. *Pedagogika*. 132(4), 130-146.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2019a). Promoting mathematics teaching in the framework of

- STEM integration. In CERME 11 (*Eleven Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, February 6-10). Utrecht, Netherlands.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2019b). Promover o ensino da matemática num contexto de formação profissional com STEM. *Revista de Educación Matemática*, 31(1), 235-257.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2019c). Technology as a resource to promote mathematics teaching. In 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT 14, July 22–25, 2019). Universidade de Duisburg-Essen, Essen, Alemanha.
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2019d). An augmented reality application to engage students in STEM education. In 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT 14, July 22–25, 2019). Universidade de Duisburg-Essen, Essen, Alemanha.
- Costa, M. C., Domingos, A., & Teodoro, V. D. (2018a). Inovar e promover o ensino da Matemática com recurso à Astronomia. *Zetetiké Revista de Educação Matemática*. 26(3), 526-545.
- Costa, M. C., Domingos, A., & Teodoro, V. D. (2018b). Promover o ensino experimental das ciências recorrendo ao questionamento investigativo. *REnCiMa Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 9(5), 220-240.
- Costa, C. & Loureiro, L. (2016). Learning by experimentation: Children’s laboratory experiences at the polytechnic institute of tomar. *International Journal of Learning and Teaching*. 8(2), 119-128.
- Costa, M. C., Manso, A., & Patrício, J. M. (2019). Design of a mobile augmented reality game in the framework of problem-based learning. In 11th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN19), 30 de junho a 3 de julho de 2019, Palma de Maiorca, Espanha.
- Costa, M. C., Patrício, J. M., Carrançã, J. A., & Farropo, B. (2018, June). Augmented reality technologies to promote STEM learning. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2018 13<sup>th</sup> Iberian Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Costa, M. C., & Silva, C. (2016). Modelação do Sistema Solar na cidade de Tomar: trabalhar a noção de escala, distâncias e tamanhos relativos. Tomar, Portugal. POSTER. Acedido em 7/03/2018 a partir de <http://www.academiacap.ipt.pt/pt/eventos/publicacoes/>
- Costa, M. C., Teodoro, V. D., & Domingos, A. (2017). *A astronomia como recurso para criar tarefas de matemática no 1.º ciclo do ensino básico*. In CIBEM 2017. Madrid, Espanha: Universidade Complutense de Madrid. 10 a 14 de julho de 2017 <http://www.cibem.org/index.php/pt/programa/livro-de-abstracts>
- Costley, K. C. (2014). The Positive Effects of Technology on Teaching and Student Learning. *Online Submission*. Acedido em 16/05/2017 a partir de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED554557.pdf>

- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Boston: Edwards Brothers.
- Czerniak, C. M. (2007). Interdisciplinary science teaching. In Abell, S. K., & Lederman, N. G., *Handbook of research on science education* (pp. 537-559). York: Routledge.
- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A., & Ahern, J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M., Gardner, M., & Espinoza, D. (2017). *Effective teacher professional development*. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute.
- Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Research review/teacher learning: What matters. *Educational leadership*, 66(5), 46-53.
- Dass, P. M., & Yager, R. E. (2009). Professional development of science teachers: History of reform and contributions of the STS-based Iowa Chautauqua program. *Science Education Review*, 8(3), 99-111.
- DeJarnette, N. K. (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering, and math) initiatives. *Education*, 133(1), 77-85.
- Dejonckheere, P. J., Van de Keere, K., Tallir, I., & Vervaeke, S. (2013). Primary school science: Implementation of domain-general strategies into teaching didactics. *Australian Educational Researcher*, 40(5), 583-614.
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.
- Desimone, L. M., & Garet, M. S. (2015). Best practices in teacher's professional development in the United States. *Psychology, Society, & Education*, 7, 252-263.
- Diário da República (2014). Decreto-Lei n.º 176/2014, de 12 de dezembro. Acedido em 11/06/2019 a partir de <https://dre.pt/application/conteudo/64297587>
- Diário da República (2017). Despacho n.º 5908/2017, de 5 de julho. Acedido em 10/05/2018 a partir de [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto\\_Autonomia\\_e\\_Flexibilidade/despacho\\_5908\\_2017.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/despacho_5908_2017.pdf)
- Dick, B., Stringer, E., & Huxham, C. (2009). *Theory in action research*. *Action Research*, 7(1), 5-12.
- Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (2014). *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*. Acedido através de <http://www.dgeec.mec.pt/np4/173/>
- Driver, R. (1983). *The Pupil as a Scientist?* Philadelphia: Open University Press.

- Dunne, J., Mahdi, A. E., & O'Reilly, J. (2013). Investigating the potential of Irish primary school textbooks in supporting inquiry-based science education (IBSE). *International Journal of Science Education*, 35(9), 1513-1532.
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5-24.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1938). *The evolution of physics*. Edited by C.P. Snow, Cambridge University Press.
- Entradas, M. (2015). Science and the public: The public understanding of science and its measurements. *Portuguese Journal of Social Science*, 14(1), 71-85. doi:10.1386/pjss.14.1.71\_1
- European Commission/EACEA/Eurydice (2015). *The teaching profession in europe: Practices, perceptions and politics*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Acedido através de [http://viaa.gov.lv/library/files/original/FAKTU\\_BUKLETS.pdf](http://viaa.gov.lv/library/files/original/FAKTU_BUKLETS.pdf)
- European Schoolnet (2018). *Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe*. Scientix Observatory report. October 2018, European Schoolnet, Brussels.
- Eurydice (2012). *O ensino das ciências na Europa: Políticas nacionais, práticas e investigações*. Bruxelas: Agência de Execução relativa à Educação, ao Audiovisual e à Cultura (EACEA). Acedido através de [http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/133PT.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133PT.pdf)
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.
- Even, R., & Ball, D. L. (Eds.). (2008). *The professional education and development of teachers of mathematics*. Springer.
- Faikhamta, C. (2013). The development of in-service science teachers understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. *Research in Science Education*, 43(2), 847-869.
- Faikhamta, C., & Clarke, A. (2013). A self-study of a thai teacher educator developing a better understanding of PCK for teaching about teaching science. *Research in Science Education*, 43(3), 955-979.
- Faikhamta, C., & Clarke, A. (2015). Thai pre-service science teachers engaging action research during their fifth year internship. *Asia Pacific Journal of Education*, 35(2), 259-273.
- Ferreira, C., Neves, P., Costa, C., & Teramo, D. (2017, June). Socio-constructivist teaching powered by ICT in the STEM areas for primary school. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2017 12th Iberian Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

- Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What does mathematics have to offer? In M. Marshman (Eds.), *Mathematics Education in the Margins*. Proceedings of the 38<sup>th</sup> Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Sunshine Coast, pp. 237-244.
- Fleisch, D., Kregenow, J. (2013) *A Student's Guide to the Mathematics of Astronomy*. Cambridge University Press.
- Flores, J. G. (2014). Science class teaching methods and their contribution to explaining achievement. *Revista De Educacion*, (366), 190-214.
- Gago, M. (2004). *As condições para o desenvolvimento científico de Portugal no contexto europeu e o problema da base social de apoio a esse desenvolvimento*. Conferências Prioridade à Ciência! Lisboa: IST.
- Geiger, V., Goos, M., Dole, S., Forgasz, H., & Bennison, A. (2014). Devising principles of design for numeracy tasks. In J. Anderson, M. Cavanagh, & A. Prescott (Eds.), *Curriculum in focus: Research-guided practice: Proceedings of the 37th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 239–246). Sydney: MERGA.
- Gillies, R. M., & Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45(2), 171-191.
- Gimbert, B., & Cristol, D. (2004). Teaching curriculum with technology: enhancing children's technological competence during early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 31(3), 207-216.
- Gimeno Sacristán, J. (2000). *O Currículo: uma reflexão sobre a prática*. Tradução de Ernani Rosa. 3<sup>rd</sup> Ed. Porto Alegre: Artmed.
- Gomez Zaccarelli, F., Schindler, A. K., Borko, H., & Osborne, J. (2018). Learning from professional development: a case study of the challenges of enacting productive science discourse in the classroom. *Professional Development in Education*, 44(5), 721-737.
- Gonçalves, C. A. L. D. R. (2016). *Impacte do programa de formação em ensino experimental das ciências nas conceções e práticas de professores do 1º ciclo do ensino básico*. Tese de Doutoramento não publicada. Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora.
- Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.

- Gunckel, K. L., & Wood, M. B. (2016). The principle-practical discourse edge: Elementary preservice and mentor teachers working together on colearning tasks. *Science Education*, 100(1), 96-121.
- Hallstrom, J., Hulten, M., & Lovheim, D. (2014). The study of technology as a field of knowledge in general education: Historical insights and methodological considerations from a Swedish case study, 1842-2010. *International Journal of Technology and Design Education*, 24(2), 121-139.
- Harlen, W., & Qualter, A. (2004). *The teaching of science in primary schools*. 4<sup>th</sup> Edition. England: David Fulton Publishers, London.
- Heimer, L., & Winokur, J. (2015). Preparing teachers of young children: How an interdisciplinary curriculum approach is understood, supported, and enacted among students and faculty. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 36(4), 289-308.
- Hewson, P.W. (2007). Teacher professional development in science. In Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1177-1202). New York: Routledge.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Jocz, J. A., Zhai, J., & Tan, A. L. (2014). Inquiry learning in the Singaporean context: Factors affecting student interest in school science. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2596-2618.
- Johnston, J. (2005). *Early explorations in science: Exploring primary science and technology*. 2<sup>nd</sup> Edition. England: Open University Press.
- Kalkan, H., & Kiroglu, K. (2007). Science and nonscience student's ideas about basic astronomy concepts in preservice training for elementary school teachers. *Astronomy Education Review*, 6(1), 15-24.
- Katchevich, D., Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2013). Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in science education*, 43(1), 317-345.
- Keeley, P., Sneider, C. I. (2012). *Uncovering student ideas in astronomy: 45 formative assessment probes*. NSTA Press.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11.
- Kennedy, D. (2013). The role of investigations in promoting inquiry-based science education in Ireland. *Science Education International*, 24(3), 282-305. Acedido através de <http://www.icasonline.net/seiweb/>
- Kermani, H., & Aldemir, J. (2015). Preparing children for success: Integrating science, math, and technology in early childhood classroom. *Early Child Development and Care*, 185(9),

1504-1527.

- Khanlari, A. (2013, December). Effects of educational robots on learning STEM and on student's attitude toward STEM. In *Engineering Education (ICEED), 2013 IEEE 5th Conference on* (pp. 62-66). IEEE.
- Kim, D. R. (2013). The effect of a scientific inquiry worksheet-making class program on pre-service elementary school teachers attitudes toward science and scientific inquiry. *Journal of Science Education, 37*(2), 261-277.
- Kim, D., & Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(4), 587-605.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education, 91*, 14-31.
- Kind, V. (2016). Preservice science teachers science teaching orientations and beliefs about science. *Science Education, 100*(1), 122-152.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education, 9*(1), 60-70.
- Koehler, M., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education, 193*(3), 13-19.
- Krogh, S., & Morehouse, P. (2014). *The Early Childhood Curriculum Inquiry Learning Through Integration*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Krueger, R. A. & Casey, M. A. (2000). *Focus Groups: A practical guide for applied research* (3<sup>a</sup> ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Kuzle, A., & Biehler, R. (2015). A protocol for analysing mathematics teacher educators' practices. In CERME 9 (pp. 2847-2853)
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil interest in physics: a survey in Finland. *Nordic Studies in Science Education, 1*(2), 72-85.
- Lederman, N. G., & Abell, S. K. (Eds.). (2014). *Handbook of research on science education* (Vol. 2). Routledge
- Li, Y. (2014). *International Journal of Science Education – a platform to promote STEM education and research worldwide*. International Journal of STEM Education, *1*(1), 1-2.
- Little, J. W. (1987). Teachers as colleagues. In V. Richardson-Koehler (Ed.), *Educators' handbook: A research perspective* (pp. 491–518). New York: Longman.
- Löfgren, R., Schoultz, J., Hultman, G., & Björklund, L. (2013). Exploratory talk in science education: Inquiry-based learning and communicative approach in primary school. *Journal*

*of Baltic Science Education*, 12(4), 482-496.

- Long, I. I., Robert, L., & Davis, S. S. (2017). Using STEAM to Increase Engagement and Literacy Across Disciplines. *The STEAM Journal*, 3(1), 7.
- Lotter, C., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of research in science teaching*, 44(9), 1318-1347.
- Ludke, M., & André, M. E. (2011). Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. *Em Aberto*, 5(31).
- Luft, J., Hill, K., Nixon, R., Campbell, B., & Dubois, S. (2015). The knowledge needed to teach science: Approaches, implications, and potential research. In *annual meeting of ASTE. Portland, OR*.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: Students' experiences of school science in their own words. *International journal of science education*, 28(6), 591-613.
- Magnusson, S., Krajcik, J., Borko, H. (1999). 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.
- Manso, A., Costa, M. C., Patrício, J. M., & Carvalho, A. (2019). PlanetarySystemGO: An augmented reality application to explore the Universe. In 15th China-Europe International Symposium on Software Engineering Education (CEISEE 2019), Caparica - Lisboa – Portugal.
- Martins, I. P. (2006). Inovar o ensino para promover a aprendizagem das ciências no 1.º Ciclo. *Noesis*, 66, 30-33.
- Matemática, Ciências e Tecnologia Acedido em 10/01/2019 a partir de <http://www.academiacap.ipt.pt/download/Publicacoes/ProgramaFinalPartilhaBoasPraticas14Marco.pdf>
- Mathers, N., Goktogen, A., Rankin, J., & Anderson, M. (2012). Robotic mission to Mars: Hands-on, minds-on, web-based learning. *Acta Astronautica*, 80, 124-131. doi:10.1016/j.actaastro.2012.06.003
- Mathers, N., Pakakis, M., & Christie, I. (2011). Mars mission program for primary students: Building student and teacher skills in science, technology, engineering and mathematics. *Acta Astronautica*, 69(7-8), 722-729.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education. Revised and Expanded from " Case Study Research in Education."*. Jossey-Bass Publishers, 350 Sansome St, San Francisco, CA 94104.
- Ministério da Educação (2013). Metas Curriculares de Matemática Programa de Matemática para



o ensino básico - 1.º Ciclo. Lisboa: Departamento da Educação. Acedido em 9/09/2018 através de <http://www.dge.mec.pt/matematica>.

- Ministério da Educação (2007). Programa de Estudo do Meio para o ensino básico - 1.º Ciclo. Lisboa: Departamento da Educação Básica. Ministério da Educação. Acedido em 9/09/2018 através de <http://www.dge.mec.pt/estudo-do-meio>.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6).
- Mody, C. C. M. (2015). Scientific practice and science education. *Science Education*, 99(6), 1026-1032.
- Morgan, D. L. (1997). *The focus group guidebook* (Vol. 1). Sage publications.
- Morrison, J. A. (2014). Scientists participation in teacher professional development: The impact on fourth to eighth grade teachers understanding and implementation of inquiry science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4), 793-816.
- 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*, 2(1), 1-19.
- Murphy, C., Varley, J., & Veale, O. (2012). I'd rather they did experiments with us... Than just talking: Irish children's views of primary school science. *Research in Science Education*, 42(3), 415-438.
- Myers Spencer, R., & Huss, J. (2013). Playgrounds for the mind. *Children & Libraries: The Journal of the Association for Library Service to Children*, 11(3), 41-46.
- National Research Council of America (2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, DC: The National Academy Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council (NAE & NRC) (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and teacher education*, 21(5), 509-523.
- Nieveen, N., & Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. In T. Plomp and N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 152–169). SLO, Enschede, the Netherlands.

- Nieveen, N., McKenney, S., & Van den Akker, J. (2006). Educational design research: the value of variety. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 151–158). London: Routledge.
- OECD (2014). *Education at a glance 2014: OECD indicators*. OECD Publishing doi: 10.1787/eag-2014-en.
- Office of the Chief Scientist (2016). *Australia's STEM workforce: Science technology, engineering and mathematics*. Canberra: Commonwealth of Australian.
- Oliveira, A. W. (2010). Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 422-453.
- Oliveira, H., Menezes, L., & Canavarro, A. P. (2013). Conceptualizando o ensino exploratório da matemática: contributos da prática de uma professora do 3.º ciclo para a elaboração de um quadro de referência. *Quadrante*, 22(2), 1-25.
- Omar, O. (2009). Teachers' questioning techniques and their potential in heightening pupil's inquiry. In *International Conference on Primary Education – Primary Education Matters* (October, 25 – 27, 2009, pp. 1-18), Hong Kong. Acedido a partir de <http://www.eduhk.hk/primaryed/eeproceedings/fullpaper/RN354a.pdf>
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J. F. (2009). An argument for arguments in science classes. *Phi Delta Kappan*, 91(4), 62-65.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in science Education*, 38(3), 261-284.
- Patrício, J. M., Costa, M. C., Carrança, J. A. & Farropo, B. (2018, June). SolarSystemGO - An Augmented Reality Based Game with Astronomical Concepts. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2018 13<sup>th</sup> Iberian Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Paxi (2016). O Sistema Solar. Acedido em 15/06/2019 a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=7jkCIRdvGIg>
- Pehmer, A. K., Groschner, A., & Seidel, T. (2015). Fostering and scaffolding student engagement in productive classroom discourse: Teachers practice changes and reflections in light of teacher professional development. *Learning Culture and Social Interaction*, 7, 12-27.
- Pepin B, Gueudet G, Trouche L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: A collective perspective on resources, their use and transformation. *ZDM*. 45(7), 929-943.
- Perera, L. D. H. (2014). Parents attitudes towards science and their children's science achievement. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3021-3041.
- Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. In T. Plomp and N. Nieveen

- (Eds.), Educational design research (pp. 10–51). SLO, Enschede, the Netherlands.
- Plummer, J. D., & Ozcelik, A. T. (2015). Preservice teachers developing coherent inquiry investigations in elementary astronomy. *Science Education*, 99(5), 932-957.
- Ponte, J. P. (1994). Mathematics teachers' professional knowledge. In *International Conference for the Psychology of Mathematics Education (PME)* (pp. 195-210).
- Ponte, J. P. (2005). Gestão curricular em Matemática. em GTI [Curricular management in Mathematics in GTI] (Ed.), O professor e o desenvolvimento curricular [The teacher and curriculum development] (pp. 11-34). Lisboa: APM.
- Ponte, J. P. (2012). Estudando o conhecimento e o desenvolvimento profissional do professor de matemática. In N. Planas (Ed.), *Teoría, crítica y práctica de la educación matemática*. (1ª ed.), (pp. 83-98). Barcelona: GRAO.
- Post, T., & van der Molen, J. H. W. (2014). Effects of company visits on dutch primary school children's attitudes toward technical professions. *International Journal of Technology and Design Education*, 24(4), 349-373.
- PRIMAS (2011). *The PRIMAS project: Promoting Inquiry-based Learning (IBL) in mathematics and science education across Europe*. European Union: Capacities. Acedido em 4/03/2018 através de <http://www.primas-project.eu/servlet/supportBinaryFiles?referenceId=2&supportId=1300>
- Programa Nacional de Promoção do Sucesso Escolar (2018). Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico. Acedido em 25/03/2018 a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=zOEWAS3yp7Y>
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva
- Rasinen, A., Virtanen, S., Endepohls-Ulpe, M., Ikonen, P., Ebach, J., & Stahl-von Zabern, J. (2009). Technology education for children in primary schools in Finland and Germany: different school systems, similar problems and how to overcome them. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(4), 367-379.
- Rennie, L., Venville, G., Wallace, J. (Eds.). (2012). *Integrating science, technology, engineering, and mathematics: issues, reflections, and ways forward*. New York and London: Routledge.
- Reeves, T. (2006). Design research from a technology perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds), *Educational design research* (pp. 86-109). London: Routledge.
- Ríordáin M N, Johnston J., Walshe G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233-255.

- Roberson, T. L. (2015). “STEM”-ulating young minds: Creating science-based programming @ your library. *Journal of Library Administration*, 55(3), 192-201.
- Roberts, S. J. (2014). Engage: The use of space and pixel art for increasing primary school children's interest in science, technology, engineering and mathematics. *Acta Astronautica*, 93, 34-44.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Rodrigues, A. et al. (2018) Encontro em Investigação em Educação Matemática - A Aula de Matemática (pp. 227-240). Coimbra: SPIEM.
- Rutledge, G.N. (2010). *Primary science: teaching the tricky bits*. England: McGraw Hill: Open University Press.
- Sá, E. (2014). *Hoje não vou à escola: Porque é que os bons alunos não tiram sempre boas notas*. Lisboa: Lua de Papel.
- Santana, R. S., & Franzolin, F. (2018). O ensino de ciências por investigação e os desafios da implementação na práxis dos professores. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 9(3), 218-237.
- Sharma, J., & Yarlagaadda, P. K. (2018). Perspectives of ‘STEM education and policies’ for the development of a skilled workforce in Australia and India. *International Journal of Science Education*, 40(16), 1999-2022.
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324-324.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. *Oslo: University of Oslo*, 1-31.
- Song, Y., & Kong, S. C. (2014). Going beyond textbooks: A study on seamless science inquiry in an upper primary class. *Educational Media International*, 51(3), 226-236.
- Stake, R. E. (2013). *Multiple case study analysis*. New York: Guilford Press.
- Stohlmann, M. (2018). A vision for future work to focus on the “M” in integrated STEM. *School Science and Mathematics*, 118(7), 310-319.
- Stringer, E. T., Christensen, L. M., & Baldwin, S. C. (2009). *Integrating teaching, learning, and action research: Enhancing instruction in the K-12 classroom*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Suescun-Florez, E., Iskander, M., Kapila, V., & Cain, R. (2013). Geotechnical engineering in US

- elementary schools. *European Journal of Engineering Education*, 38(3), 300-315.
- Taconis, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84.
- Treacy, P., & O'Donoghue, J. (2014). Authentic integration: A model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(5), 703-718.
- Trgalová, T., Clark-Wilson, A., Weigand, H. (2018). Technology and resources in mathematics education. In Dreyfus, T., Artigue, M., Potari, D., Prediger, S. & Ruthven, K. (Eds.) (2018). *Developing Research in Mathematics Education - Twenty Years of Communication, Cooperation and Collaboration in Europe* (p. 142-161). Oxon: Routledge.
- Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training—a cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching and Teacher Education*, 19(3), 309-323.
- Tseng, C. H., Tuan, H. L., & Chin, C. C. (2013). How to help teachers develop inquiry teaching: Perspectives from experienced science teachers. *Research in Science Education*, 43(2), 809-825.
- Valadares, J. (2011). A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 36-57
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2015). Improving primary teacher's attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of research in science teaching*, 52(5), 710-734.
- van Aalderen-Smeets, S. I., Walma van der Molen, J. H., van Hest, E. G. C., & Poortman, C. (2017). Primary teachers conducting inquiry projects: effects on attitudes towards teaching science and conducting inquiry. *International journal of science education*, 39(2), 238-256.
- Varela, P., & Costa, M. F. (2015). Explore the concept of “light” and its interaction with matter: an inquiry-based science education project in primary school. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 605, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- Varela, P., & Martins, A. P. (2013). O papel do professor e do aluno numa abordagem experimental das ciências nos primeiros anos de escolaridade. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 6(2), 97-116.
- Varelas, M., Pieper, L., Arsenault, A., Pappas, C. C., & Keblawe-Shamah, N. (2014). How science texts and hands-on explorations facilitate meaning making: Learning from latina/o third graders. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(10), 1246-1274.
- Varley, J. P., Murphy, C., & Veale, O. (2013). At the crossroads: The impact of new irish science curricula on first year post-primary students. *Research in Science Education*, 43(1), 275-

- Vo, T., Forbes, C. T., Zangori, L., & Schwarz, C. V. (2015). Fostering third-grade students use of scientific models with the water cycle: Elementary teachers conceptions and practices. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2411-2432.
- Yin, R. K. (2001). Estudo de caso: Planejamento e métodos (Tradução de Daniel Grassi - 2.<sup>a</sup> Ed). Porto Alegre: Bookman.
- Young, M. (2007). Para que servem as escolas? *Educação & Sociedade*, 28(101), 1287-1302.
- Young, M. (2008). From constructivism to realism in the sociology of the curriculum. *Review of research in education*, 32(1), 1-28.
- Young, M. (2010). The future of education in a knowledge society: The radical case for a subject-based curriculum. *Journal of the Pacific Circle Consortium for Education*, 22(1), 21-32.
- Young, M., & Muller, J. (2016). *Curriculum and the specialization of knowledge: Studies in the Sociology of Education*. London: Routledge.
- Walshe, G., Johnston, J., & McClelland, G. (2017). Integrating mathematics into science: design, development and evaluation of a curriculum model. In *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (pp. 309-321). Springer, Cham.
- Williams, A., & Katz, L. (2001). The use of focus group methodology in education: Some theoretical and practical considerations, 5 (3). *IEJLL: International Electronic Journal for Leadership in Learning*, 5.
- Zawojewski, J., Chamberlin, M., Hjalmarson, M., & Lewis, C. (2008). Developing design studies in mathematics education professional development. In A. Kelly, R. Lesh, & J. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education* (pp. 219–245). New York: Routledge.
- Zehetmeier, S., & Krainer, K. (2011). Ways of promoting the sustainability of mathematics teachers' professional development. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 43(6–7), 875–887.
- Zehetmeier, S., Andreitz, I., Erlacher, W., & Rauch, F. (2015). Researching the impact of teacher professional development programmes based on action research, constructivism, and systems theory. *Educational Action Research*, 23(2), 162-177.
- Zhai, J., Jocz, J. A., & Tan, A. L. (2014). “Am I like a scientist?”: Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553-576. doi:10.1080/09500693.2013.791958

## **Anexos**





## Anexo A – Pré-análise: Primeiras dimensões identificadas nos relatórios

A tabela seguinte apresenta as dimensões identificadas com os respetivos excertos de relatórios dos professores. Nesta tabela, (Margarida, 2016) quer dizer relatório final da professora Margarida apresentado em junho de 2016 e (Anita, 2017) quer dizer relatório final da professora Anita apresentado em junho de 2017.

Tabela: Categorias identificadas nos relatórios/reflexões dos professores.

Categorias	Exemplos de Excertos de Relatórios
Motivação e confiança	<p>Eu reconheço a importância de realizar atividades experimentais de ciências (...). Esta formação deu-me confiança para inovar e, também, permitiu adquirir conhecimento e ideias de tarefas para realizar na sala de aula (Pilar, Relatório final, junho 2016).</p> <p>Esta ação de formação permitiu-me adquirir novos conhecimentos, capacidades e competências. (Anabela, Relatório final, junho 2016)</p> <p>Saliento que a ação de formação contribuiu para a aquisição de novos conhecimentos que me permitirão melhorar o desempenho profissional e ter um impacto positivo na sala de aula, proporcionando aos alunos experiências diversificadas de aprendizagem e o desenvolvimento de competências científicas. (Marina, Relatório final, junho 2017)</p> <p>(...) tenho a salientar novos conhecimentos que adquiri em relação a algumas características da Terra, noções matemáticas, acontecimentos históricos e teorias pedagógicas. (Manuela, 1.º relatório, fevereiro 2017)</p> <p>Considero que esta formação vem trazer à minha prática letiva, um leque mais alargado de possibilidades de novas atividades, a realizar no contexto da sala de aula. O mais interessante mesmo, é que estas novas abordagens, que tivemos na formação, são na sua maioria, abordagens práticas, o que é muito bom. (Anacleto, Relatório final, junho 2016)</p> <p>Pessoalmente, senti que ao frequentar esta formação fiquei com uma maior capacidade de desenvolver as Ciências Experimentais no 1º ciclo, pois apreendi um vasto conjunto de conhecimentos, enriquecidos pelo facto de ser uma formação muito prática quer em contexto de sala de aula, com os alunos,</p>

---

Inovação nas práticas	<p>quer nas sessões que fizeram parte desta Formação (Manuela, Relatório final, 2018)</p>
	<p>Consegui alargar os meus horizontes e encarar as ciências experimentais de uma forma mais simples e motivadora, facto que, muito certamente, irá beneficiar a minha prática pedagógica (Felisberta, Relatório final, junho 2018).</p>
	<p>(...) os temas abordados e as experiências realizadas permitem a implementação da interdisciplinaridade e trabalhar de modo diferente diversos temas, o que é fundamental e enriquecedor para a minha prática pedagógica. (Andrina, Relatório final, 2018)</p>
	<p>A minha prática vai certamente sofrer alterações, incluindo a introdução de atividades experimentais e a tão importante questão/discussão nas minhas aulas. (Antónia, Relatório final, junho de 2016)</p>
	<p>A frequência nesta ação de formação foi muito enriquecedora, contribuindo [...] para a melhoria da prática pedagógica (Goreti, Relatório final, 2017)</p>
	<p>[...] esta ação permitiu realizar outro tipo de experimentações, para além das existentes nos manuais (Josefina, Relatório final, 2017).</p>
	<p>(...) 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. (Luísa, Relatório final, junho 2016)</p>
	<p>A minha prática de ensino irá certamente sofrer algumas mudanças, incluindo a introdução de experiências e a tão importante discussão / questionamento constante nas minhas aulas. (Anabela, Relatório final, junho 2016)</p>
	<p>Sem dúvida, esta ação possibilitou que fossem realizadas outros tipos de experiências, diferentes das apresentadas nos manuais escolares, permitindo que os alunos sejam agentes ativos no processo de aprendizagem. (Maria, Relatório final, junho 2017)</p>
	<p>Considero que metodologias de sala de aula, baseadas em situações do quotidiano e menos na rigidez dos currículos/manuais, traduzem-se em melhores aprendizagens e na criação de cidadãos mais conscientes e interventivos. (Catarina, Relatório final, 2018)</p>
<p>Outra capacidade que desenvolvi com as aprendizagens efetuadas na ação de formação, foi a de proporcionar aos meus alunos conhecimentos mais</p>	

diversificados, ao nível da Matemática, da Geografia, das Ciências Naturais, indo ao encontro daquilo que hoje se definiu como metas a atingir no Perfil dos Alunos. (Catarina, 2018)

Desenvolvi e adquiri conteúdos que me são úteis na minha prática pedagógica diária, envolvendo experiências novas que me enriqueceram profissionalmente, de modo a replicar em contexto de sala de aula. (Aurélia, 2018)

Com esta formação modificaram-se atitudes e adquiriram-se novas estratégias e metodologias capazes de suscitar nos nossos alunos o gosto pelo conhecimento científico. (Aurélia, 2018)

Sem dúvida serei uma professora diferente, mais consciente da importância das ciências experimentais e mais dedicada à implementação das mesmas em todos os anos de escolaridade com que trabalharei futuramente. (Manuela, Relatório final, 2018)

Atividades  
práticas  
*hands-on*

Pessoalmente, senti que ao frequentar esta formação fiquei com uma maior capacidade de desenvolver as ciências experimentais na minha sala de aulas, pois aprendi um vasto conjunto de conhecimentos, enriquecidos pelo facto de ser uma formação muito prática em contexto de sala de aula (Felisberta, junho 2018).

[...] a introdução de atividades experimentais (Antónia, 2016)

Os alunos tomaram contacto com materiais diversos, observaram, experimentaram, refletiram e registaram os diversos momentos, sempre com muito empenho e entusiasmo que se refletiu na forma como avaliaram a atividade. (Mariana, 2017)

[...] manipulação de materiais (Anita, 2017)

[...] é de extrema importância e diria imprescindível realizar atividade experimental (Manuela, 2017)

[...] impulsionamos a experimentação e observação de fenómenos do quotidiano (Margarida, 2016)

Questiona-  
mento  
Investigativo

[...] desperta-se maior curiosidade nas crianças permitindo que elas descubram e questionem o que estão a observar [...] sendo os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas através de experiências e de pesquisas simples [...] devendo sempre haver lugar a formulação de hipóteses, previsão de resultados, observação e explicação dos resultados (Manuela, 2017)

Impacto nos  
alunos

[...] a tão importante questão/discussão nas minhas aulas (Antónia, 2016)

[...] realização de tarefas sobre as quais possam observar, questionar, refletir, experimentar e finalmente concluir (Anita, 2017)

[...] desenvolvemos o pensamento crítico, dedutivo e criativo dos alunos (Margarida, 2016)

[...] fomentamos o gosto pelas ciências nas crianças (Margarida, 2016)

[...] promoveu um alargamento do conhecimento científico por parte dos alunos (Manuela, 2017).

Devo salientar que os alunos aprendem mais e melhor quando experimentam, pois estas atividades permitem que sejam eles o instrumento da sua instrução, conquistando a informação a partir dos seus interesses e conhecimentos (Felisberta, junho 2018).

[...] despertou na criança o sentido crítico e reforçou as aprendizagens teóricas (Goreti, 2017)

[...] os alunos demonstram um interesse extraordinário e revelaram-se muito determinados para a realização das tarefas propostas (Lígia, 2017)

As aulas onde se realizam experiências são aulas muito animadas e participativas por parte dos alunos. Estes gostam muito mais das aulas quando estas têm parte prática. Por esta razão é notório o aprender brincando, experimentando e fazendo (Paulina, 2017)

A turma mostrou-se muito motivada na execução das várias tarefas propostas pelos formadores. Os alunos desenvolveram atitudes de cooperação, de experimentação, nas quais as falhas foram encaradas como fazendo parte do processo científico. (Luisa Final report, junho 2016)

(...) depois de realizar as atividades experimentais sobre eletricidade (o que aconteceu em setembro e outubro), no final do ano letivo os alunos ainda se lembravam do que tinham aprendido nessa altura (Luisa, Relatório final, junho, 2016).

[...] desperta-se maior curiosidade nas crianças permitindo que elas descubram e questionem o que estão a observar [...] sendo os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas através de experiências e de pesquisas simples [...] devendo sempre haver lugar a formulação de hipóteses, previsão de resultados, observação e explicação dos resultados (Manuela, 2017).

Com abordagens práticas os alunos ficam mais atentos e interessados, colaborando de uma forma mais ativa e empenhada, o que depois se nota na sua aprendizagem (Anacleto, 2017).

As aulas onde se realizam experiências são aulas muito animadas e participativas por parte dos alunos. Estes gostam muito mais das aulas quando estas têm parte prática. Por esta razão é notório o aprender brincando, experimentando e fazendo (Paulina, 2017).

Os alunos tomaram contacto com materiais diversos, observaram, experimentaram, refletiram e registaram os diversos momentos, sempre com muito empenho e entusiasmo que se refletiu na forma como avaliaram a atividade. (Mariana, 2017).

Com esta formação modificaram-se atitudes e adquiriram-se novas estratégias e metodologias capazes de suscitar nos nossos alunos o gosto pelo conhecimento científico. (Aurélia, 2018)

É importante desenvolver este tipo de tarefas que envolvem as crianças e que as motivam para a aprendizagem dos fenómenos científicos. Só experimentando e vendo na prática é que as crianças desenvolverão a sua inteligência e a consciência de que tudo tem uma explicação. (Aurélia, 2018)

Interdisciplinari  
dade

As atividades práticas implementadas com os meus alunos (...) permitiram verificar que é possível fazer uma abordagem transversal de conteúdos, relacionando a matemática, o estudo do meio, a expressão musical e dramática, e revelaram que os alunos se motivam e empenham com muito mais facilidade neste tipo de tarefas. (Marina, 2017)

Na ação em que a astronomia foi abordada fiquei logo com inúmeras ideias para desenvolver com meus alunos em sala de aula, conseguindo fazer a articulação entre as diferentes áreas curriculares. (Relatório, Carla, 15/02/2017).

A introdução de novas ideias para abordar conteúdos específicos de ciências experimentais e matemática permite proporcionar uma prática interdisciplinar em diferentes áreas (Matemática, Português, Artes Plásticas, Estudo do Meio) (Maria, junho 2017).

Outra capacidade que desenvolvi com as aprendizagens efetuadas na ação de formação, foi a de proporcionar aos meus alunos conhecimentos mais diversificados, ao nível da Matemática, da Geografia, das Ciências Naturais, indo ao encontro daquilo que hoje se definiu como metas a atingir no Perfil dos Alunos. (Catarina, 2018)

Esta formação contribuiu para alargar horizontes, os temas abordados e as experiências realizadas permitem a implementação da interdisciplinaridade e trabalhar de modo diferente diversos temas, o que é fundamental e enriquecedor para a minha prática pedagógica. (Andrina, 2018)

(...) desenvolvi com os alunos uma atividade, que procurou cruzar o conhecimento geográfico, com a aplicação da Matemática (...). O resultado, foi um envolvimento e entusiasmo na participação dos alunos e a promessa de alguns que iriam desafiar os seus pais a também fazerem o mesmo. (Catarina, 2018)

Esta ação de formação “A matemática e Ciência: uma abordagem experimental no 1º ciclo do ensino básico” procurou, penso que com sucesso, associar sempre a componente teórica à componente prática, fornecendo-nos diversos materiais muito úteis e práticos que irão constituir mais um pilar na aquisição do saber dos meus alunos, complementando não só as áreas da matemática e estudo do meio, mas também as outras áreas disciplinares. (Andrina, 2018)

Apoios aos  
professores:  
trabalho  
colaborativo

Os professores titulares das turmas também constataram que não é difícil promover atividades desta natureza e puderam observar que em regime colaborativo tudo se torna possível (Silvina, junho 2018)

Devo agradecer o empenho e dedicação dos formadores, pois conseguiram cativar a minha atenção e melhorar a minha abordagem das ciências experimentais (Felisberta, junho 2018).

(...) enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram e às aulas que deram (Manuela, 2018).

Agradeço de forma veemente todo o incentivo às práticas experimentais, apoio, esforço, dedicação que os formadores evidenciaram em todo este tempo de formação. (Manuela, 2018)

Nunca é excessivo sublinhar que coexistiu, nesta acção de formação, uma partilha dos saberes adquiridos, das dúvidas, das reticências e da diversidade das opiniões de forma notáveis. (Hélia, 2018)

No decorrer das sessões da formação houve troca de ideias, experimentação, antes de realizarmos as atividades com as crianças, sendo os formadores muito acessíveis e sempre dispostos a ajudar, mantendo um clima de aprendizagem partilhada e muito nos “acrescenta” em termos da nossa prática letiva. (Aurélia, 2018)

Partilha de boas práticas	<p>Sem dúvida, esta ação permitiu realizar outros tipos de experiências (...) a aplicação de novas metodologias na sala de aula e permitiu a partilha de práticas entre todos os formandos (Maria, Relatório final, junho 2017).</p> <p>A partilha de boas práticas entre os professores, com a apresentação do trabalho feito em sala de aula pelos meus colegas, foi muito enriquecedora. (Ilda, Relatório final, junho 2017)</p> <p>(...) coexistiu, nesta acção de formação, uma partilha dos saberes adquiridos, das dúvidas, das reticências e da diversidade das opiniões, forma notáveis (Manuela, 2018).</p> <p>Mais uma vez enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram e às aulas que deram. (Manuela, 2018)</p> <p>No intervalo de espaço em que decorreu esta formação, assistimos a uma Conferência “Matemática e Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências”, que foi um ótimo espaço de reflexão e partilha de alguns trabalhos realizados por colegas de outros agrupamentos e escolas, baseando-se nas diferentes temáticas abordadas ao longo das duas oficinas – Anos Letivos 2016/2017 e 2017/2018. (Catarina, 2018)</p>
Visitas às escolas	<p>Um dos pontos mais altos, penso que é mesmo a visita dos formadores/professores, às turmas, pois, trata-se de um momento único na sala de aula. Os alunos vão poder aprender/experimentar com a ajuda de técnicos credenciados e equipados com todo o material necessário. (Anacleto, Relatório, 2017)</p> <p>O facto de os formadores se deslocarem-se à escola no caso do professor Teodoro e docentes do politécnico) para, junto dos alunos, desenvolverem atividades experimentais e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante, demonstraram o enorme interesse que se deve dar à prática de atividades experimentais e a importâncias que as mesmas têm para o desenvolvimento do conhecimento e abertura de horizontes científicos. (Manuela, 2018)</p> <p>São de salientar as visitas às escolas pelos docentes (...) no âmbito das atividades experimentais (...) pois despertaram e desenvolveram o gosto pelas ciências nos alunos que se mostraram e receptivos a todas as propostas e tarefas apresentadas. (Silvina, junho 2018)</p> <p>Devo começar por referir, que as idas dos Formadores à minha sala de aula, foram excelentes contributos para criar nos alunos um espírito</p>

mais empreendedor e criativo. As atividades desenvolvidas, foram facilmente compreendidas, porque se revelaram entusiasmantes, já que parecendo lúdicas, foram tremendamente pedagógicas. (Cristiana, 2018).

O facto de os formadores se deslocarem-se à escola [...] para, junto dos alunos, desenvolverem atividades experimentais e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante, demonstraram o enorme interesse que se deve dar à prática de atividades experimentais e a importâncias que as mesmas têm para o desenvolvimento do conhecimento e abertura de horizontes científicos (Manuela, 2018).

Avaliação e Reconhecimento da relevância da formação

Penso que os objetivos da acção terão sido globalmente atingidos. Considerei pertinentes e adequadamente tratados, tanto os temas como as metodologias e os conteúdos abordados. (Hélia, 2018)

Esta formação foi interessante e oportuna, tendo sido desenvolvido trabalho prático ao longo das diversas sessões, cujas temáticas diversificadas são bastante apelativas, indo de encontro ao Plano Estratégico do nosso Agrupamento bem como, às necessidades atuais dos professores, no trabalho experimental, a realizar com os seus alunos. (Alberta, 2018)

Todos os temas desenvolvidos foram importantes e muito interessantes para desenvolver nas nossas aulas, com os nossos alunos. Penso que a duração das sessões, o horário e a periodicidade foi adequado. Desenvolvi estratégias adequadas ao Ensino Experimental das Ciências no 1º ciclo do Ensino Básico, conseguindo aprofundar o conhecimento científico e o desenvolvimento de estratégias pedagógicas para que os meus alunos desenvolvessem o verdadeiro espírito científico. (Aurélia, 2018)

Gostei muito desta ação e recomendo-a a qualquer docente, pois é muito interessante e virada para a prática. Penso que o modelo de formação é adequado, bem como os materiais que temos à disposição. Considero que foram importantes as sessões plenárias no início de qualquer tema, incentivando-nos às atividades e nas sessões de grupo também podemos expor as nossas dúvidas e confrontar opiniões, tirando ideias e manuseando materiais. São sessões muito práticas e interessantes pelo que gostaria de poder dar continuidade a esta formação, no próximo ano letivo. (Aurélia, 2018)



No final de qualquer ação de formação é importante sentirmos que valeu a pena e que foi útil. Nesse aspeto esta ação correspondeu totalmente às minhas expectativas e contribuiu para alargar horizontes. (Andrina, 2018)

Sustentabilidade Estando a “semente” lançada, há que continuar, de forma sistemática, a criar espaços e tempo, para que haja uma continuidade e desenvolvimento dos conceitos através de novas abordagens. (Silvina, junho 2018)

Devo ainda salientar que, consoante o ano de escolaridade que for lecionando, continuarei a aplicar tarefas que incluam o ensino experimental. (Andrina, 2018)

Sem dúvida serei uma professora diferente, mais consciente da importância das ciências experimentais e mais dedicada à implementação das mesmas em todos os anos de escolaridade com que trabalharei futuramente. (Manuela, 2018)

Considero que esta Ação de Formação teve um impacto muito positivo para a minha prática pedagógica e na minha formação pessoal/profissional, também no desenvolvimento de capacidades que me permitem fazer face às novas exigências e características dos alunos. (Antonieta, 2018)

---



## Anexo B – Segunda fase de pré-análise: Reorganização das dimensões identificadas nos relatórios

De seguida, são apresentadas tabelas correspondendo cada uma delas a uma das dimensões de análise mais amplas. Por sua vez, cada uma destas tabelas contém excertos dos relatórios dos professores relativos a cada uma das subdimensões de análise. Por exemplo, a tabela seguinte apresenta as subdimensões relacionadas com o impacto do Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) acompanhadas dos respetivos excertos de relatórios dos professores que correspondem a estas subdimensões.

Tabela: Dimensões relacionadas com o impacto do PDP

<b>Categorias</b>	<b>Exemplos de Excertos de Relatórios</b>
Motivação e confiança	<p>Eu reconheço a importância de realizar atividades experimentais de ciências (...) Esta formação deu-me confiança para inovar e, também, permitiu adquirir conhecimento e ideias de tarefas para realizar na sala de aula (Pilar, Relatório final, junho 2016).</p> <p>Saliento que a ação de formação contribuiu para a aquisição de novos conhecimentos que me permitirão melhorar o desempenho profissional e ter um impacto positivo na sala de aula, proporcionando aos alunos experiências diversificadas de aprendizagem e o desenvolvimento de competências científicas. (Marina, Relatório final, junho 2017)</p> <p>Considero que esta formação vem trazer à minha prática letiva, um leque mais alargado de possibilidades de novas atividades, a realizar no contexto da sala de aula. (Anacleto, Relatório final, junho 2016)</p> <p>Pessoalmente, senti que ao frequentar esta formação fiquei com uma maior capacidade de desenvolver as Ciências Experimentais no 1º ciclo (...). (Manuela, Relatório final, 2018)</p> <p>Consegui alargar os meus horizontes e encarar as ciências experimentais de uma forma mais simples e motivadora, facto que, muito certamente, irá beneficiar a minha prática pedagógica (Felisberta, Relatório final, junho 2018).</p> <p>É importante desenvolver este tipo de tarefas que envolvem as crianças e que as motivam para a aprendizagem dos fenómenos científicos. Só experimentando e vendo na prática é que as crianças desenvolverão a sua inteligência e a consciência de que tudo tem uma explicação. (Aurélia, 2018)</p>

Inovação nas práticas

A minha prática vai certamente sofrer alterações, incluindo a introdução de atividades experimentais e a tão importante questão/discussão nas minhas aulas. (Antónia, Relatório final, junho de 2016)

A frequência nesta ação de formação foi muito enriquecedora, contribuindo (...) para a melhoria da prática pedagógica (Goreti, Relatório final, 2017)

(...) esta ação permitiu realizar outro tipo de experimentações, para além das existentes nos manuais (Josefina, Relatório final, 2017).

(...) descobrir novos jeitos de trabalhar com a matemática (...). A matemática, portanto, faz parte da vida e pode ser aprendida de uma maneira dinâmica, desafiante e divertida. (Luísa, Relatório final, junho 2016)

A minha prática de ensino irá certamente sofrer algumas mudanças, incluindo a introdução de experiências e a tão importante discussão / questionamento constante nas minhas aulas. (Anabela, Relatório final, junho 2016)

Sem dúvida, esta ação possibilitou que fossem realizados outros tipos de experiências, diferentes das apresentadas nos manuais escolares, permitindo que os alunos sejam agentes ativos no processo de aprendizagem. (Maria, Relatório final, junho 2017)

Considero que metodologias de sala de aula, baseadas em situações do quotidiano e menos na rigidez dos currículos/manuais, traduzem-se em melhores aprendizagens e na criação de cidadãos mais conscientes e interventivos. (Catarina, Relatório final, 2018)

Desenvolvi e adquiri conteúdos que me são úteis na minha prática pedagógica diária, envolvendo experiências novas que me enriqueceram profissionalmente, de modo a replicar em contexto de sala de aula. (Aurélia, 2018)

(...) os temas abordados e as experiências realizadas permitem a implementação da interdisciplinaridade e trabalhar de modo diferente diversos temas, o que é fundamental e enriquecedor para a minha prática pedagógica. (Andrina, Relatório final, 2018)

Com esta formação modificaram-se atitudes e adquiriram-se novas estratégias e metodologias capazes de suscitar nos nossos alunos o gosto pelo conhecimento científico. (Aurélia, 2018)

Sem dúvida serei uma professora diferente, mais consciente da importância das ciências experimentais e mais dedicada à implementação das mesmas em

Impacto nos  
alunos

todos os anos de escolaridade com que trabalharei futuramente. (Manuela, Relatório final, 2018)

(...) fomentamos o gosto pelas ciências nas crianças. (Margarida, 2016)

A turma mostrou-se muito motivada na execução das várias tarefas propostas pelos formadores. Os alunos desenvolveram atitudes de cooperação, de experimentação, nas quais as falhas foram encaradas como fazendo parte do processo científico. (Luisa, Relatório final, junho 2016)

(...) depois de realizar as atividades experimentais sobre eletricidade (o que aconteceu em setembro e outubro), no final do ano letivo os alunos ainda se lembravam do que tinham aprendido nessa altura (Luisa, Relatório final, junho, 2016).

(...) promoveu um alargamento do conhecimento científico por parte dos alunos. (Manuela, 2017).

(...) despertou na criança o sentido crítico e reforçou as aprendizagens teóricas. (Goreti, 2017)

(...) os alunos demonstram um interesse extraordinário e revelaram-se muito determinados para a realização das tarefas propostas. (Lígia, 2017)

As aulas onde se realizam experiências são aulas muito animadas e participativas por parte dos alunos. Estes gostam muito mais das aulas quando estas têm parte prática. Por esta razão é notório o aprender brincando, experimentando e fazendo. (Paulina, 2017)

Com abordagens práticas os alunos ficam mais atentos e interessados, colaborando de uma forma mais ativa e empenhada, o que depois se nota na sua aprendizagem (Anacleto, 2017).

Os alunos tomaram contacto com materiais diversos, observaram, experimentaram, refletiram e registaram os diversos momentos, sempre com muito empenho e entusiasmo que se refletiu na forma como avaliaram a atividade. (Mariana, 2017).

Com esta formação modificaram-se atitudes e adquiriram-se novas estratégias e metodologias capazes de suscitar nos nossos alunos o gosto pelo conhecimento científico. (Aurélia, 2018)

Devo salientar que os alunos aprendem mais e melhor quando experimentam, pois estas atividades permitem que sejam eles o instrumento da sua instrução, conquistando a informação a partir dos seus interesses e conhecimentos (Felisberta, junho 2018).

Sustentabilidade Gostaria de poder futuramente continuar a frequentar ações neste âmbito, uma vez que, é também experimentando, que os nossos alunos aprendem, de uma forma mais ativa e motivadora. (Carlota, junho de 2017)

Estando a “semente” lançada, há que continuar, de forma sistemática, a criar espaços e tempo, para que haja uma continuidade e desenvolvimento dos conceitos através de novas abordagens. (Silvina, junho 2018)

Devo ainda salientar que, consoante o ano de escolaridade que for lecionando, continuarei a aplicar tarefas que incluam o ensino experimental. (Andrina, 2018)

Sem dúvida serei uma professora diferente, mais consciente da importância das ciências experimentais e mais dedicada à implementação das mesmas em todos os anos de escolaridade com que trabalharei futuramente. (Manuela, 2018)

Considero que esta Ação de Formação teve um impacto muito positivo para a minha prática pedagógica e na minha formação pessoal/profissional, também no desenvolvimento de capacidades que me permitem fazer face às novas exigências e características dos alunos. (Antonieta, 2018)

A tabela seguinte apresenta as dimensões relacionadas com o tipo de práticas letivas desenvolvidas pelos professores, nomeadamente a realização de atividades práticas *hands-on*, o recurso a estratégias de ensino como o questionamento investigativo e a promoção da interdisciplinaridade.

Tabela 6.1: Dimensões relacionadas com o tipo de práticas letivas.

<b>Categorias</b>	<b>Exemplos de Excertos de Relatórios</b>
Atividades práticas <i>hands-on</i>	<p>Pessoalmente, senti que ao frequentar esta formação fiquei com uma maior capacidade de desenvolver as ciências experimentais na minha sala de aulas, pois aprendi um vasto conjunto de conhecimentos, enriquecidos pelo facto de ser uma formação muito prática em contexto de sala de aula (Felisberta, junho 2018).</p> <p>(...) a introdução de atividades experimentais (Antónia, 2016)</p> <p>Os alunos tomaram contacto com materiais diversos, observaram, experimentaram, refletiram e registaram os diversos momentos, sempre com muito empenho e entusiasmo que se refletiu na forma como avaliaram a atividade. (Mariana, 2017)</p>

	(...) manipulação de materiais (Anita, 2017)
	(...) impulsionamos a experimentação e observação de fenómenos do quotidiano (Margarida, 2016)
Questionamento Investigativo	(...) desperta-se maior curiosidade nas crianças permitindo que elas descubram e questionem o que estão a observar (...) sendo os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas através de experiências e de pesquisas simples (...) devendo sempre haver lugar a formulação de hipóteses, previsão de resultados, observação e explicação dos resultados (Manuela, 2017)
	(...) a tão importante questão/discussão nas minhas aulas (Antónia, 2016)
	(...) realização de tarefas sobre as quais possam observar, questionar, refletir, experimentar e finalmente concluir (Anita, 2017)
	(...) desenvolvemos o pensamento crítico, dedutivo e criativo dos alunos (Margarida, 2016)
Interdisciplinaridade	As atividades práticas implementadas com os meus alunos (...) permitiram verificar que é possível fazer uma abordagem transversal de conteúdos, relacionando a matemática, o estudo do meio, a expressão musical e dramática, e revelaram que os alunos se motivam e empenham com muito mais facilidade neste tipo de tarefas. (Marina, 2017)
	Na ação em que a astronomia foi abordada fiquei logo com inúmeras ideias para desenvolver com meus alunos em sala de aula, conseguindo fazer a articulação entre as diferentes áreas curriculares. (Relatório, Carla, 15/02/2017).
	A introdução de novas ideias para abordar conteúdos específicos de ciências experimentais e matemática permite proporcionar uma prática interdisciplinar em diferentes áreas (Matemática, Português, Artes Plásticas, Estudo do Meio) (Maria, junho 2017).
	Outra capacidade que desenvolvi com as aprendizagens efetuadas na ação de formação, foi a de proporcionar aos meus alunos conhecimentos mais diversificados, ao nível da Matemática, da Geografia, das Ciências Naturais, indo ao encontro daquilo que hoje se definiu como metas a atingir no Perfil dos Alunos. (Catarina, 2018)
	Esta formação contribuiu para alargar horizontes, os temas abordados e as experiências realizadas permitem a implementação da interdisciplinaridade e

trabalhar de modo diferente diversos temas, o que é fundamental e enriquecedor para a minha prática pedagógica. (Andrina, 2018)

(...) desenvolvi com os alunos uma atividade, que procurou cruzar o conhecimento geográfico, com a aplicação da Matemática (...). O resultado, foi um envolvimento e entusiasmo na participação dos alunos e a promessa de alguns que iriam desafiar os seus pais a também fazerem o mesmo. (Catarina, 2018)

Esta ação de formação “A matemática e Ciência: uma abordagem experimental no 1º ciclo do ensino básico” procurou, penso que com sucesso, associar sempre a componente teórica à componente prática, fornecendo-nos diversos materiais muito úteis e práticos que irão constituir mais um pilar na aquisição do saber dos meus alunos, complementando não só as áreas da matemática e estudo do meio, mas também as outras áreas disciplinares. (Andrina, 2018)

---

A tabela seguinte apresenta as dimensões relacionadas com o apoio prestado aos professores no decorrer do programa de formação. Este apoio reflete-se no trabalho colaborativo desenvolvido entre formadores e professores. Em particular, destacam-se as visitas dos formadores às escolas dos professores e a partilha de boas práticas entre os formandos.

Tabela: Dimensões relacionadas com o apoio prestado aos professores.

---

<b>Categorias</b>	<b>Exemplos de Excertos de Relatórios</b>
Apoio e trabalho colaborativo	<p>Os professores titulares das turmas também constataram que não é difícil promover atividades desta natureza e puderam observar que em regime colaborativo tudo se torna possível (Silvina, junho 2018)</p> <p>Devo agradecer o empenho e dedicação dos formadores, pois conseguiram cativar a minha atenção e melhorar a minha abordagem das ciências experimentais (Felisberta, junho 2018).</p> <p>(...) enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram e às aulas que deram (Manuela, 2018).</p> <p>Agradeço de forma veemente todo o incentivo às práticas experimentais, apoio, esforço, dedicação que os formadores evidenciaram em todo este tempo de formação. (Manuela, 2018)</p>



Nunca é excessivo sublinhar que coexistiu, nesta acção de formação, uma partilha dos saberes adquiridos, das dúvidas, das reticências e da diversidade das opiniões de forma notáveis. (Hélia, 2018)

No decorrer das sessões da formação houve troca de ideias, experimentação, antes de realizarmos as atividades com as crianças, sendo os formadores muito acessíveis e sempre dispostos a ajudar, mantendo um clima de aprendizagem partilhada e muito nos “acrescenta” em termos da nossa prática letiva. (Aurélia, 2018)

Partilha de boas práticas

Sem dúvida, esta ação permitiu realizar outros tipos de experiências (...) a aplicação de novas metodologias na sala de aula e permitiu a partilha de práticas entre todos os formandos (Maria, Relatório final, junho 2017).

A partilha de boas práticas entre os professores, com a apresentação do trabalho feito em sala de aula pelos meus colegas, foi muito enriquecedora. (Ilda, Relatório final, junho 2017)

(...) coexistiu, nesta acção de formação, uma partilha dos saberes adquiridos, das dúvidas, das reticências e da diversidade das opiniões, forma notáveis (Manuela, 2018).

Mais uma vez enalteço o interesse dos formadores no apoio à concretização das aulas, no que respeita à informação que nos proporcionaram e às aulas que deram. (Manuela, 2018)

No intervalo de espaço em que decorreu esta formação, assistimos a uma Conferência “Matemática e Ciências e Tecnologia - Boas práticas no ensino das Ciências”, que foi um ótimo espaço de reflexão e partilha de alguns trabalhos realizados por colegas de outros agrupamentos e escolas, baseando-se nas diferentes temáticas abordadas ao longo das duas oficinas – Anos Letivos 2016/2017 e 2017/2018. (Catarina, 2018)

Visitas às escolas

Um dos pontos mais altos, penso que é mesmo a visita dos formadores/professores, às turmas, pois, trata-se de um momento único na sala de aula. Os alunos vão poder aprender/experimentar com a ajuda de técnicos credenciados e equipados com todo o material necessário. (Anacleto, Relatório, 2017)

O facto de os formadores se deslocarem-se à escola no caso do professor Teodoro e docentes do politécnico) para, junto dos alunos, desenvolverem atividades experimentais e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante, demonstraram o enorme interesse que se deve dar à prática de atividades experimentais e a importâncias que

as mesmas têm para o desenvolvimento do conhecimento e abertura de horizontes científicos. (Manuela, 2018)

São de salientar as visitas às escolas pelos docentes (...) no âmbito das atividades experimentais (...) pois despertaram e desenvolveram o gosto pelas ciências nos alunos que se mostraram e receptivos a todas as propostas e tarefas apresentadas. (Silvina, junho 2018)

Devo começar por referir, que as idas dos Formadores à minha sala de aula, foram excelentes contributos para criar nos alunos um espírito mais empreendedor e criativo. As atividades desenvolvidas, foram facilmente compreendidas, porque se revelaram entusiasmantes, já que parecendo lúdicas, foram tremendamente pedagógicas. (Cristiana, 2018).

O facto de os formadores se deslocarem-se à escola [...] para, junto dos alunos, desenvolverem atividades experimentais e abordarem conteúdos, utilizando materiais diversos e muito concretizadores de uma forma muito motivadora e gratificante, demonstraram o enorme interesse que se deve dar à prática de atividades experimentais e a importâncias que as mesmas têm para o desenvolvimento do conhecimento e abertura de horizontes científicos (Manuela, 2018).

---

Por fim, na tabela seguinte são apresentadas as dimensões relacionadas com avaliação e reconhecimento da relevância e pertinência do programa de formação.

Tabela: Dimensões relacionadas com com avaliação e reconhecimento da relevância do PDP.

<b>Categorias</b>	<b>Exemplos de Excertos de Relatórios</b>
Avaliação formação	<p>Por tudo o que fui dizendo avalio esta ação de formação como excelente pois, dentro das temáticas escolhidas, não poderia ter sido melhor. O facto de decorrer durante alguns meses, possibilitou-nos irmos pondo em prática o que ia sendo falado nas sessões presenciais. (Ivete, 2017)</p> <p>Considero que esta formação foi crucial para refletir e adquirir conhecimentos, tendo proporcionado ferramentas para desenvolver práticas atualizadas. (Cândida, 2017)</p> <p>Depois de frequentar esta ação de formação considero que todos os objetivos foram atingidos e que é sempre uma mais valia poder aprender, trocar experiências, partilhar dúvidas e criar novas estratégias e metodologias de intervenção e desenvolvimento de competências. Posso</p>

agora dizer que me encontro melhor preparada para transmitir matemática, ciências e tecnologia aos meus alunos. (Hélia, junho de 2017)

Esta oficina de formação foi sem dúvida muito positiva para a evolução das minhas práticas letivas. Foi bastante benéfica para a minha formação profissional e conseqüentemente para a aprendizagem dos meus alunos. (Carlota, junho de 2017)

Penso que os objetivos da acção terão sido globalmente atingidos. (Hélia, 2018)

Penso que a duração das sessões, o horário e a periodicidade foi adequado. (Aurélia, 2018)

Penso que o modelo de formação é adequado, bem como os materiais que temos à disposição. (Aurélia, 2018)

No final de qualquer ação de formação é importante sentirmos que valeu a pena e que foi útil. Nesse aspeto esta ação correspondeu totalmente às minhas expetativas e contribuiu para alargar horizontes. (Andrina, 2018)

Reconhecimento da relevância da formação

Para mim, esta ação foi muito positiva, pois aprendi coisas que ajudaram a melhorar a minha prática pedagógica. (Carlota, junho de 2017)

No que diz respeito à minha prática docente, considero que esta formação foi muito oportuna e pertinente, por me ter possibilitado o contacto com áreas e temas para os quais não estava tão desperta, como a astronomia, o som ou a eletricidade. (Alda, 2017)

Considerarei pertinentes e adequadamente tratados, tanto os temas como as metodologias e os conteúdos abordados. (Hélia, 2018)

Todos os temas desenvolvidos foram importantes e muito interessantes para desenvolver nas nossas aulas, com os nossos alunos. (Aurélia, 2018)

Esta formação foi interessante e oportuna, tendo sido desenvolvido trabalho prático ao longo das diversas sessões, cujas temáticas diversificadas são bastante apelativas, indo de encontro ao Plano Estratégico do nosso Agrupamento bem como, às necessidades atuais dos professores, no trabalho experimental, a realizar com os seus alunos. (Alberta, 2018)

Gostei muito desta ação e recomendo-a a qualquer docente, pois é muito interessante e virada para a prática. (Aurélia, 2018)

Considero que foram importantes as sessões plenárias no início de qualquer tema, incentivando-nos às atividades e nas sessões de grupo também podemos expor as nossas dúvidas e confrontar opiniões, tirando ideias e manuseando materiais. São sessões muito práticas e interessantes pelo que

gostaria de poder dar continuidade a esta formação, no próximo ano letivo. (Aurélia, 2018)

Desenvolvi estratégias adequadas ao Ensino Experimental das Ciências no 1.º ciclo do Ensino Básico, conseguindo aprofundar o conhecimento científico e o desenvolvimento de estratégias pedagógicas para que os meus alunos desenvolvessem o verdadeiro espírito científico. (Aurélia, 2018)

---

## Anexo C – Planificação de atividades práticas de professores

Área	Domínio/ Subdomínio	Objetivos	Operacionalização	Material
Ciências Experimentais	O Som	<p>Desenvolver o interesse pela ciência e pelo método científico, desenvolvendo assim, o pensamento crítico, dedutivo e criativo dos alunos;</p> <p>Desenvolver capacidades de observação, análise e trabalho em grupo;</p> <p>Utilizar alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões-problema, fazer previsões, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente experimentação;</p> <p>Estimular e encorajar os alunos a levantar questões e a procurar respostas para elas através de experiências simples e o gosto pela investigação;</p> <p>Contribuir para que o ensino experimental se incorpore na rotina quotidiana, contribuindo assim, para que os alunos cresçam como cidadãos participativos na sociedade atual.</p> <p>Registar o que observam na atividade experimental;</p> <p>Realizar experiências com alguns materiais e objetos de uso corrente;</p>	<p><b>1ª Experiência</b> Colocar 8 frascos em fila; deitar lá dentro água com corante a alturas diferentes de modo a que a altura do ar dentro dos frascos crie diferentes sons.</p> <p><b>2ª Experiência</b> Atar uma das colheres a meio do fio. Passar as extremidades do cordão por trás das orelhas, segurando-as e tapando os ouvidos com as pontas dos dedos. Deve, em seguida, inclinar-se para a frente para que a colher suspensa possa oscilar livremente. Pedir a outro colega para dar uma pequena pancada na colher suspensa com a outra colher. Escutar com atenção o som produzido pelo choque das colheres e que foi ouvido através do fio.</p> <p>Registar as observações.</p> <p><b>3ª Experiência</b> Esticar a folha de plástico de forma a cobrir uma lata redonda e grande. Prender o elástico à volta do bordo da lata, mantendo o elástico esticado. Polvilhar a pele do teu tambor com uma colher de chá de açúcar. Segurar no tabuleiro perto do tambor e bate-lhe com força com a colher de pau.</p> <p>Registar as observações.</p> <p><b>4ª Experiência</b> Disponer na mesa o relógio, a placa refletora e os tubos. Deixar um espaço entre a placa e as extremidades dos tubos; colocar numa extremidade de um tubo o relógio e no outro o ouvido, em posição tal que ouça nitidamente o tiquetaque.</p> <p>Registar as observações.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colheres</li> <li>• Sino pequeno</li> <li>• Tina ou recipiente;</li> <li>• Frascos</li> <li>• Diapasão</li> <li>• Copo</li> <li>• Peças de fruta (maçã e limão).</li> <li>• Placa de metal</li> <li>• Fios de eletricidade</li> <li>• Carro telecomandado</li> </ul>
		<p><b>5ª Experiência</b> Colocar água num copo; molhar o dedo indicador e passar na borda do copo. Verificar o som produzido.</p> <p><b>6ª Experiência</b> Abanar a sineta fora e dentro de uma tina com água.</p> <p>Verificar a propagação do som.</p> <p>Registar as observações.</p> <p><b>7ª Experiência</b> Percutir o diapasão dentro e fora de água. Experimentar tocar no diapasão em vibração.</p> <p><b>8ª Experiência</b> Provocar um batimento numa chapa de metal; relacionar esse som com o som do trovão; Verificar esse som dentro/fora da sala e dentro de uma caixa. Relacionar com a distância.</p> <p><b>9ª Experiência</b> (não está relacionada com o tema)</p> <p>Construção de um circuito elétrico com uma pilha biológica – ligar a ponta de dois fios elétricos a um limão/maçã e a outra a uma balança digital</p> <p>Aplicar a mesma experiência a um carro telecomandado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de cartão</li> <li>• Tintas</li> <li>• Caixa</li> <li>• Papel</li> <li>• Mesas</li> <li>• Relógio de parede com ponteiros</li> <li>• Elástico</li> <li>• Tabuleiro</li> <li>• Açúcar</li> <li>• Balança digital</li> </ul>	

Planificação da professora Mariana sobre o som

## Consolidação do que aprendeste sobre o som

1) Completa as seguintes frases com algumas das palavras-chave, de forma a torná-las cientificamente corretas:

Há som quando os objetos \_\_\_\_\_. Conseguimos ouvir o som porque as \_\_\_\_\_ “viajam” pelo \_\_\_\_\_, desde o objeto a \_\_\_\_\_ até ao \_\_\_\_\_. As \_\_\_\_\_ “viajam” mais facilmente nos \_\_\_\_\_ do que nos \_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_. Ouviste \_\_\_\_\_ o som da colher a bater quando colocaste as mãos nas orelhas porque as \_\_\_\_\_ “viajam” através de objetos \_\_\_\_\_, até ao teu \_\_\_\_\_.

**Palavras-chave:**  Sólidos  Líquidos  Gases  Vibram  Vibrações  Ouvido  Orelha  Vibrar  Fio  Colher  Ar  Melhor  Pior

2) Em que meio o som se propaga, em geral, com maior facilidade?

No ar.

Na água de uma piscina.

Num meio sólido, tal como a mesa da sala de aula

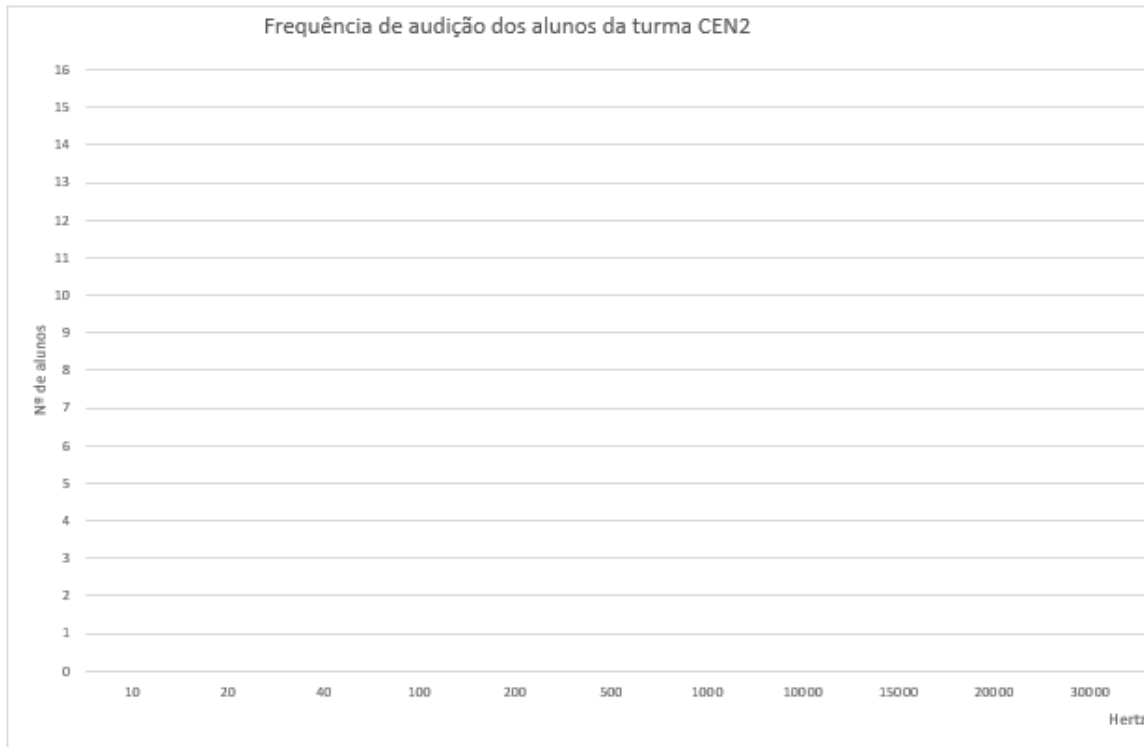
Não podemos afirmar, por não se saber a intensidade do som.

3) Se soprares no topo do gargalo de uma garrafa de vidro, contendo água no seu interior, podes fazer a garrafa emitir um som. Na verdade, usando várias garrafas com diferentes níveis de líquido no seu interior é possível tocar uma música. Como explicas a diferença dos sons emitidos pelas diferentes garrafas.

---

---

3) A figura seguinte apresenta uma sala de aula, uma professora a ler e os seus alunos que a escutam.



Planificação da professora Marina sobre o som

### Experiência Divertida



Grelha de observação da atividade “Espectro de captura da voz”

MATERIAL NECESSÁRIO	<i>Desenha o material que foi necessário para realizar a experiência</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uma cana com comprimento 15/20cm aproximadamente Ø 1cm</li> <li>- Uma lata vazia de cogumelos</li> <li>- Um balão</li> <li>- Fita isolante</li> <li>- Um CD-ROM velho</li> <li>- Um laser</li> <li>- Cola</li> </ul>	

O QUE FIZ?	<i>Representa através do desenho o que observaste</i>
<p>Hoje, _____ dia _____  de _____,  _____ para dentro do aparelho e o ar da nossa voz fez com que o balão esticado vibrasse, o que por sua vez fez vibrar o espelho colado em cima do balão. O _____, ao incidir sobre o espelho, refletiu uma imagem/sinal na parede, da nossa _____.</p>	
<p><b>Conclusão:</b></p> <p>A nossa _____ é produzida através do ar que nós emitimos, passando pelas cordas vocais fazendo-as _____ e assim saem os sons e as palavras.</p>	

Planificação da professora Marina sobre o som



## **Anexo D – Questionários aplicado aos alunos**

### **DESCOBRIR OS MISTÉRIOS DO SOM**

**Ano letivo 2017/2018**

**Escola:**

**Nome do aluno:**

**Ano de escolaridade:**

1. O que é para ti o som?

---

---

2. Faz um desenho sobre o que achas que é o som.

3. Achas que é possível medir o som? Como?

---

4. Como se “desloca” o som? Porque o conseguimos ouvir mesmo a alguma distância do local onde ele ocorreu?

---

---

5. O que “viaja” mais depressa? O som ou a luz?

## Anexo E – Questionário aplicado aos professores

OFICINA DE FORMAÇÃO - 2016/2017

### MATEMÁTICA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL NO ENSINO BÁSICO

#### IDENTIFICAÇÃO E INFORMAÇÕES

Nome:

**Habilitações Acadêmicas:** Mestrado Administração e Planificação da Educação.

**Experiência Profissional:** Em exercício desde 1998- este é o 19º ano consecutivo.

**Escola e anos que leciona:** 3º ano.

**Manuais de Estudo do Meio e de Matemática adotados:** Pasta Mágica e Alfa 3

#### QUESTIONÁRIO

- 1) Para as suas aulas, procura criar tarefas diferentes das propostas nos livros?

Não: \_\_\_\_\_

Sim:  Quais? Algumas experiências que possam ser sentidas ao vivo como as visitas de estudo, exploração do meio envolvente, utilizando os diferentes recursos disponíveis querem autárquicos, familiares ou tecnológicos, tudo o que possa enriquecer a exploração dos conteúdos que pretendo. Por exemplo: lembro-me de uma vez estar a explorar os animais domésticos e selvagens numa turma de 2º ano e tinha um aluno disse-me que a imagem de um coelho era uma galinha!. Havia um aluno que a avó vivia numa moradia, relativamente perto da escola, que tinha uma pequena quintinha com galinhas, ovelhas, coelho e mais alguns animais, falei com ela e fomos passar um dia com ela e os seus animais.

- 2) Já realizou atividades práticas *hands-on* de ciências, nomeadamente recorrendo a softwares disponíveis ou outras ferramentas?

Não:  \_\_\_\_\_

Sim: \_\_\_\_\_ Quais? \_\_\_\_\_

- 3) Costuma tirar partido das atividades práticas, ou de casos da vida real, para ensinar matemática, com a preocupação de fazer a ligação da matemática com o dia a dia?

Não: \_\_\_\_\_

Sim:  Dê exemplos: \_Experiências na sala de aula com diferentes materiais:

-Trazer um pacote de leite de litro e com diferentes recipientes que os alunos trazem de casa fazermos medições, comparações e por fim bebermos o leite.

-Juntar os pacotinhos de leite que os alunos bebem num dia na escola num jarro e termos a noção a quanto se refere em litros de leite, perceberem que 200ml ou 1 pacote equivale a 1 copo mas que depende do copo.

- Utilizar uma tablete de chocolate, para explicar as frações ...

- Executar receitas culinárias em dias festivos, medição dos ingredientes, fazer relações de dobro, triplo, metade e proporcionalidade conforme o que queremos fazer, etc. Esta actividade costumo fazer essencialmente em novembro, quando confeccionamos broas para vender na “feirinha de outono” que fazemos na escola.

- 4) Nesta formação, que tópicos gostaria que fossem mais trabalhados nas ciências e na matemática?

#### **Observações/Sugestões:**

### **OFICINA DE FORMAÇÃO - 2016/2017**

#### **MATEMÁTICA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL NO ENSINO BÁSICO**

#### **IDENTIFICAÇÃO E INFORMAÇÕES**

**Nome:**

**Habilitações Académicas:** Licenciatura

**Experiência Profissional:** 33 anos de serviço no 1º ciclo, 5 anos dos quais como professora de Apoio Educativo ( este ano letivo será o 34º ano de serviço ).

**Escola e anos que leciona:** Leciono o 2º ano no ...

**Manuais de Estudo do Meio e de Matemática adotados:** Coleção “A Carochinha”

#### **QUESTIONÁRIO**

- 1) Para as suas aulas, procura criar tarefas diferentes das propostas nos livros?

Não: \_\_\_\_\_

Sim: x Quais? Exercícios/ problemas de Matemática, Experiências, Exploração de Obras Literárias, Dramatizações entre outras que vão surgindo em parceria com as colegas

com quem trabalho, pois partilhamos ideias/sugestões de atividades que contribuam para o sucesso educativo dos alunos e que propocionam diversidade de atividades.

Já realizou atividades práticas *hands-on* de ciências, nomeadamente recorrendo a softwares disponíveis ou outras ferramentas?

Não: x

Sim: Quais? \_\_\_\_\_

- 2) Costuma tirar partido das atividades práticas, ou de casos da vida real, para ensinar matemática, com a preocupação de fazer a ligação da matemática com o dia a dia?

Não: \_\_\_\_\_

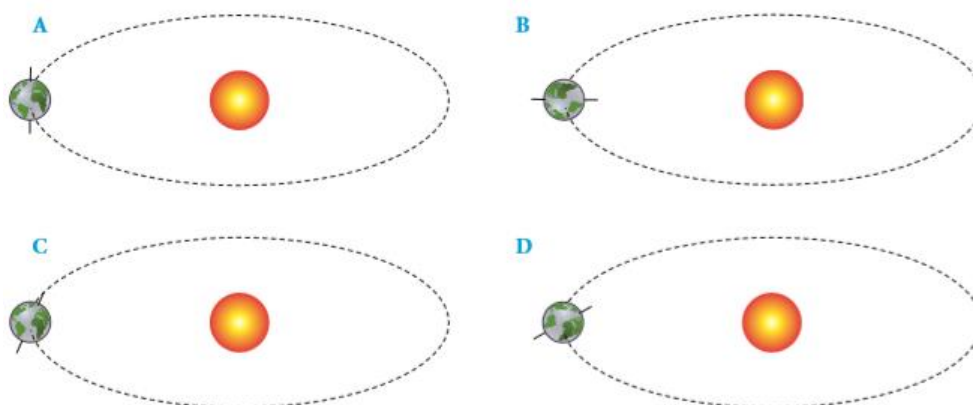
Sim: x Dê exemplos: Estudo do valor das moedas e notas e utilizá-las em situação de compra e venda, verificar se existe troco ou não, aprender as horas e saber quanto tempo está numa aula, por exemplo, quantos minutos, experiências sobre germinação das plantas e sua reprodução e relacionar com as hortas que a família tem, se já viram fazer algo relacionado com a agricultura e se sabem explicar, pesar alimentos, por exemplo, os frutos que levam para confeccionar salada de fruta ou espetadas de fruta, as frações relacionadas com a divisão de pizzas, queijo...

**Observações/Sugestões:**



## Anexo F – Teste diagnóstico aplicado aos professores

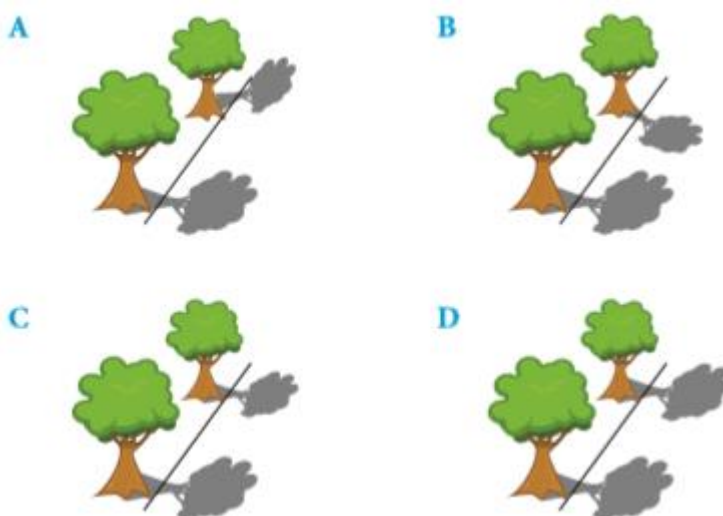
1. Qual das figuras seguintes melhor representa a posição do eixo da Terra em relação à órbita da Terra em volta do Sol? (O desenho não está à escala).



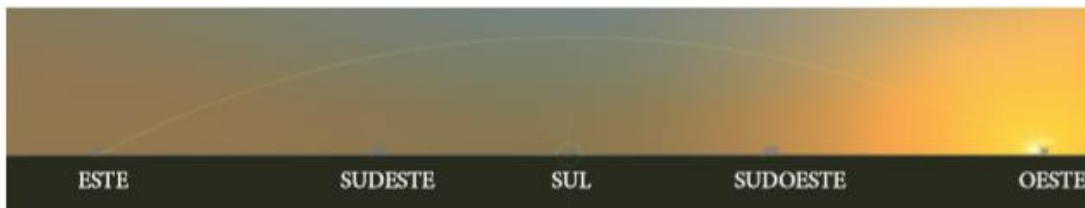
2. Na Terra, durante 24 h, existe dia e noite porque

- A a Terra gira em torno do seu próprio eixo de rotação.
- B a Terra move-se em torno do Sol.
- C o Sol faz sombra sobre a Terra de noite.
- D o Sol move-se em torno da Terra.

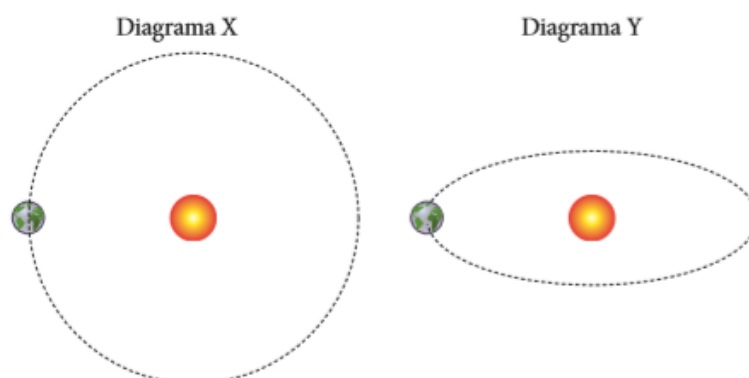
3. A figura mostra duas árvores e as respectivas sombras num dia de muito sol. Qual dos desenhos melhor representa as sombras?



4. A 22 de setembro no Hemisfério Norte, num certo local, o Sol põe-se a Oeste, como mostra a imagem abaixo. Onde nascerá o Sol duas semanas depois, no mesmo local?



- A** Entre os pontos cardeais Este e Sudeste.  
**B** Entre os pontos cardeais Este e Norte.  
**C** Entre os pontos cardeais Sudeste e Sul.  
**D** Entre os pontos cardeais Sul e Sudoeste.
5. O diagrama X mostra que o percurso (órbita) que a Terra faz em torno do Sol é quase circular, enquanto o diagrama Y mostra uma órbita elíptica (o desenho não está à escala).



Qual dos diagramas melhor representa a órbita da Terra em torno do Sol?

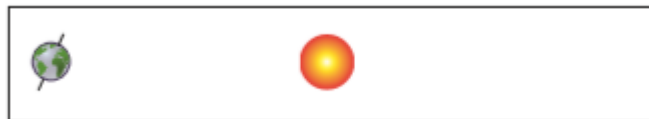
- A** Diagrama X.  
**B** Diagrama Y.  
**C** A forma da órbita muda ao longo dos anos, alguns anos é quase circular e noutros é elíptica.  
**D** Nenhum dos dois. A Terra não se move em torno do Sol, o Sol é que se move em torno da Terra.
6. Os painéis solares são montados nos telhados das casas fazendo um determinado ângulo com a horizontal. Este ângulo é escolhido de forma a obter a exposição máxima do painel, em média, durante um dia. Será este ângulo o mesmo para Lisboa e Cabo Verde, em África?
- A** Sim, é o mesmo.  
**B** Não, é diferente.  
**C** Depende das épocas do ano.  
**D** É preciso mais informação para tomar uma decisão correcta.



7. Uma pessoa vive na posição X e outra vive na posição Y (ver imagem). Ambas observaram o Sol num dia de verão, à mesma hora. Qual das seguintes afirmações está correta?



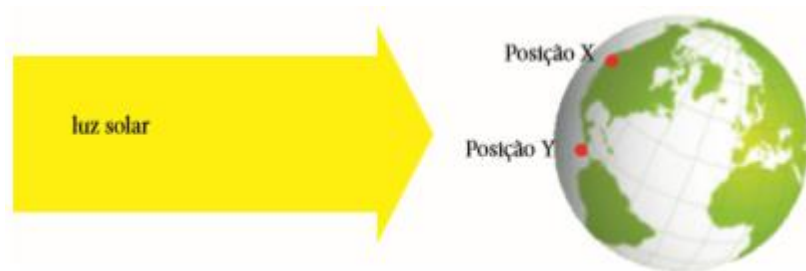
- A Ambas observaram o Sol à mesma altura.
  - B A pessoa que está na posição X observou o Sol mais alto.
  - C A pessoa que está na posição Y observou o sol mais alto.
  - D Não há elementos suficientes para responder.
8. O diagrama em baixo mostra o Sol e a Terra com o seu eixo de rotação (o desenho não está à escala).



Qual dos seguintes diagramas mostra a Terra e o Sol seis meses depois?

- A
- B
- C
- D

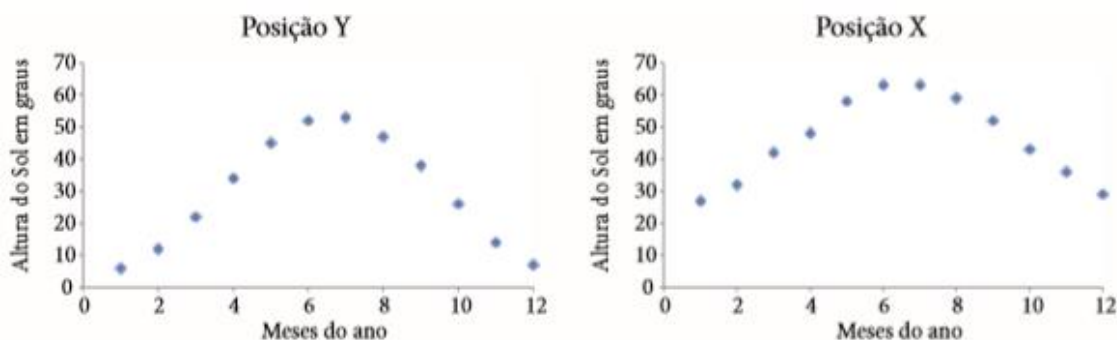
9. As posições X e Y estão à mesma altura em relação ao nível do mar



Se em ambas as posições não existirem nuvens no céu, em qual é que o fluxo de luz solar é mais intenso?

- A É igual nas duas posições X e Y.
- B É mais intenso na posição Y.
- C É mais intenso na posição X.
- D Não existe informação suficiente para saber em qual das posições X ou Y é mais intenso.

10. Os gráficos abaixo representam a altura máxima do Sol no céu em duas cidades X e Y do Hemisfério Norte.



Qual das seguintes afirmações está correta acerca da localização destas duas cidades?

- A A cidade X está a norte da cidade Y.
- B A cidade Y está a norte da cidade X.
- C As duas cidades estão à mesma distância do equador mas a cidade X está a leste da cidade Y.
- D As duas cidades estão à mesma distância do equador mas a cidade Y está a leste da cidade X.