UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

MUSEUS DE CIÊNCIA E ESCOLAS

UM DIÁLOGO POSSÍVEL?

Cláudia Barreiros Macedo de Faria

Doutoramento em Educação

Especialidade em Didática das Ciências

LISBOA 2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

MUSEUS DE CIÊNCIA E ESCOLAS

UM DIÁLOGO POSSÍVEL?

Cláudia Barreiros Macedo de Faria

Tese orientada pelas

Professora Doutora Isabel Chagas

Professora Doutora Cecília Galvão

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor

Doutoramento em Educação

Especialidade em Didática das Ciências

LISBOA 2013

This notion that "science" is something that belongs in a separate compartment of its own, apart from everyday life, is one that I should like to challenge. We live in a scientific age; yet we assume that knowledge is the prerogative of only a small number of human beings . . . . This is not true. The materials of science are the materials of life itself. Science is the reality of living, it is the what, the how, and the why in everything in our experience[1].

Rachel Carson, no discurso de aceitação do National Book Award, 1952, pela obra "*The Sea Around Us*"

[1] Esta visão da "ciência" como algo que existe num compartimento próprio, isolado da vida do dia-a-dia, é algo que gostaria de desafiar. Nós vivemos numa era científica; no entanto, assumimos que o conhecimento é uma prerrogativa de apenas alguns seres humanos…o que não é verdade. Os materiais da ciência são os materiais da própria vida. A ciência é a realidade da vida, é o quê, o como, e o porquê de tudo na nossa vivência (tradução da responsabilidade da autora da presente tese).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho simboliza um novo percurso de aprendizagens que se iniciou em 2008. No decorrer destes últimos anos alterei profundamente o meu rumo profissional, entrando numa área até então um pouco desconhecida para mim, a investigação em educação, mais propriamente em educação em ciência. No decorrer desta minha incursão nesta área de pesquisa fui-me apercebendo dos paralelismos que existem com a investigação em Biologia e provavelmente com qualquer outra área de investigação. Investigar é ter uma vontade insaciável de conhecer e compreender o mundo, seja este povoado de animais ou plantas, seja povoado de pessoas (na qualidade de alunos, de professores, de…).

Esta viagem tem sido realizada com a ajuda de algumas pessoas que me acolheram nesta nova área profissional com uma enorme paciência, uma total disponibilidade e acima de tudo com uma completa ausência de preconceitos, apesar da minha origem "inteiramente bióloga".

Diferentes pessoas, diferentes visões, diferentes razões…

Isabel Chagas, com uma visão sempre diferente de todas as outras… como quem não quer a coisa faz-me questionar muitas das minhas certezas e faz-me sempre ver novas formas e novas cores…

Cecília Galvão, com um enorme otimismo e uma crença (quase) indestrutível nas pessoas e na educação em ciência… as nossas intermináveis conversas dão-me vontade de saber sempre mais…e não desistir nunca…

Mónica Baptista, a nossa "pitinha de serviço"… com uma enorme disponibilidade "para o que der e vier" e, tão ou mais importante, com um sorriso sempre na mão…sem ela, os dias no Instituto não seriam a mesma coisa…

E finalmente,

Sofia Freire, com uma profunda vontade de conhecer, de perceber, de compreender…nunca encontrei alguém que tivesse uma forma de pensar tão diferente da minha… o que torna as nossas intermináveis e duras discussões uma incrível fonte de novas possibilidades. Tenho a certeza que sem a sua presença (no nosso "túnel dos investigadores") esta viagem não teria qualquer graça!

É a estas pessoas que este trabalho é dedicado.

RESUMO

Este estudo teve como finalidade contribuir para uma maior compreensão da relação possível entre os museus de ciência e as escolas, nomeadamente pela reflexão acerca do papel a desempenhar pelos diferentes atores envolvidos nesta complexa relação educativa, no sentido de potenciar um esforço conjunto pela educação em ciência. Com esse objetivo foram efetuados quatro estudos empíricos: nos dois primeiros obteve-se uma visão geral da forma como as visitas escolares decorrem; no terceiro foram avaliados os impactes dum curso de formação, oferecido por um Centro de Ciência, na organização de visitas escolares; no quarto estudo, foi implementada e testada uma atividade que promoveu a complementaridade entre a escola e o museu, pela exploração da história da ciência. Estes estudos assentaram na observação como método principal de recolha de dados, sendo utilizados de forma complementar a entrevista, o questionário e a análise de documentos.

Destes estudos ressaltaram três aspetos: i) os museus de ciência apresentam recursos únicos que, pela sua ligação ao mundo real, possibilitam a mobilização de saber cultural, científico e tecnológico para a compreensão da realidade e da ciência; ii) existe um desfasamento entre o que é sugerido na literatura e o que foi observado nas visitas escolares, nomeadamente pela ausência de controlo por parte dos alunos da sua agenda de aprendizagem, e pela postura passiva assumida pelo professor; iii) a participação numa formação na qual foi discutida de forma crítica a exploração das exposições, ajudou os professores a capitalizar sobre as oportunidades oferecidas por estas instituições.

Neste trabalho é proposta uma visão da colaboração escola/museu como um projeto educacional, no qual o professor, como profissional da educação, deverá assumir um papel preponderante como mediador das aprendizagens, e o educador do museu, como especialista das exposições, assume um papel de facilitador da sua exploração, com o objetivo de se criarem situações de aprendizagem capazes de promover uma experiência facilitadora da construção de um significado pessoal acerca da ciência.

Palavras-chave: Relação Museu-Escola; Museus de Ciência; Centros de Ciência, Educação em Ciência.

ABSTRACT

This study aimed at further understanding the relationship between schools and museums, enhancing the reflection concerning the role that each educational actor should play within this complex educational relationship and contributing for the improvement of science education. With this aim in mind, four empirical studies were developed. The first two contributed for enlarging our knowledge concerning school visits' to the museums. The third one aimed at knowing the impact that a workshop boosted by a Science Center had on teachers' organization of school visits to museums. Finally, the fourth study consisted on the development, implementation and evaluation of an activity aimed at exploring the history of science and at establishing a bridge between the school and the museum. All the studies mainly used observational methods for collecting data, which were complemented with interviews and questionnaires and document analysis.

Three main results were: 1) science museums do present unique resources connected to the real world. This resources facilitate the mobilization of cultural, scientific and technological knowledge which contributes for a deeper understanding about the real world and science; ii) school visits are not aligned with theoretical suggestions. Indeed, students lacked a learning agenda when experiencing the visit and teachers adopted a passive role in organizing and managing the visit; iii) teachers' participation in workshops where they have the opportunity for critically discuss and explore museum exhibitions is an important means for helping them organizing and managing visits that enlarges its learning potentials.

From these results, we propose that the collaboration between school and museums should be seen as an educational project. According to this view, teacher, as an educational actor, has to assume a key mediating role between the school and the museums; the museum educator, as an exhibition expert, has to adopt a facilitating role aimed at enacting learning situations and at facilitating learning experiences which will impact on students' personal understanding of science.

Key-words: Museum and School Interactions; Science Museums; Science Centres; Science Education.

ÍNDICE

NOTA PRÉVIA xv

ÍNDICE DE QUADROS xvii

ÍNDICE DE FIGURAS xix

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO 9

2.1. Educação em Ciência 9

2.1.1. Abordagens Educativas na Educação em Ciência: Breve Perspetiva Histórica 9

2.1.2. Perspetivas Atuais da Educação em Ciência 19

2.2. Museus e Centros de Ciência: Contributos para a Educação em Ciência 29

2.2.1. Museus de Ciência e Centros de Ciência 29

2.2.2. Potencial Educativo das Visitas de Estudo aos Museus e Centros de Ciência 33

2.2.3. Natureza da Aprendizagem nos Museus e Centros de Ciência 40

2.2.4. Aspetos para Assegurar um Maior Impacte nas Aprendizagens nas Visitas de Estudo aos Museus e Centros de Ciência 44

CAPÍTULO 3. METODOLOGIA 57

3.1. Fundamentação Metodológica 59

3.2. Estudos Empíricos 69

3.2.1. Estudo 1. Visitas Livres a um Centro de Ciência (Artigo I) 69

3.2.1.1. Contexto das exposições *69*

3.2.1.2. Objetivos *70*

3.2.1.3. Recolha de dados *71*

3.2.1.4. Participantes *72*

3.2.2. Estudo 2. Visitas guiadas a um Aquário (Artigo II) 73

3.2.2.1. Contexto da exposição *73*

3.2.2.2. Objetivos *73*

3.2.2.3. Recolha de dados *74*

3.2.2.4. Participantes.....*77*

3.2.3. Estudo 3. Avaliação de um Curso de Formação de Professores nos recursos de um CCV (Artigo III).....78

3.2.3.1. Enquadramento do programa de formação.....*78*

3.2.3.2. Objetivos.....*79*

3.2.3.3. Recolha de dados.....*80*

3.2.3.4. Participantes.....*80*

3.2.4. Estudo 4. Planeamento, Implementação e Avaliação de uma Proposta de Atividade na Escola e no Museu (Artigo IV).....81

3.2.4.1. Atividade Proposta: Um Rei que se tornou Pioneiro da Oceanografia em Portugal...*81*

3.2.4.2. Objetivos.....*81*

3.2.4.3. Recolha dos dados.....*81*

3.2.4.4. Participantes.....*83*

CAPÍTULO 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....85

4.1. Estudo 1. Visitas Livres a um Centro de Ciência (Artigo I).....85

4.1.1. Análise das Observações.....86

4.1.1.1. Exposição temporária "KNojo!".....*88*

4.1.1.1.1. Tempo de permanência nos módulos da exposição.....88

4.1.1.1.2. Tipo de interação com os módulos da exposição.....90

4.1.1.2. Exposição permanente "Explora".....*93*

4.1.1.2.1. Tempo de permanência nos módulos da exposição.....94

4.1.1.2.2. Tipo de interação com os módulos da exposição.....96

4.1.1.3. Análise conjunta das duas exposições.....*99*

4.1.2. Análise dos Questionários.....103

4.1.3. Discussão.....104

4.2. Estudo 2. Visitas Guiadas a um Aquário (Artigo II).....108

4.2.1. Análise das Observações.....108

4.2.1.1. Estrutura de uma visita guiada.....*108*

4.2.1.2. Análise das interações.....*111*

4.2.2. Análise dos Questionários 113

4.2.2.1. Perspetiva dos professores.....*113*

4.2.2.2. Perspetiva dos alunos *119*

4.2.2.3. Perspetiva do educador/monitor *122*

4.2.3. Discussão 125

4.3. Estudo 3. Avaliação de um Curso de Formação de Professores nos Recursos de um CCV (Artigo III).....129

4.3.1. Descrição das Sessões Teórico/Práticas.....129

4.3.2. Análise das Visitas Escolares Organizadas pelos Professores-Formandos 133

4.3.3. Avaliação do Programa pelos Professores 135

4.3.4. Análise Crítica do Curso segundo os Critérios de Avaliação Propostos.....138

4.4. Estudo 4. Planeamento, Implementação e Avaliação de uma Proposta de Atividade na Escola e no Museu (Artigo IV).....145

4.4.1. Atividade Proposta: Um Rei que se tornou Pioneiro da Oceanografia em Portugal....145

4.4.1.1. Contexto histórico.....*145*

4.4.1.2. Descrição das atividades.....*146*

4.4.2. Análise dos Resultados 170

4.4.3. Discussão.....175

CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO GERAL 179

CAPÍTULO 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 191

APÊNDICES.....217

Apêndice A – Artigos de Investigação.....219

Apêndice B - Listagem dos Museus e Centros de Ciência da Região de Lisboa.....279

Apêndice C - Questionário ao professor (Pavilhão do Conhecimento).....280

Apêndice D - Questionário ao Professor (Aquário Vasco da Gama).....281

Apêndice E - Questionário ao aluno (Aquário Vasco da Gama) 282

Apêndice F - Questionário ao Monitor (Aquário Vasco da Gama) 283

Apêndice G - Entrevista ao Responsável pelo Sector Educativo (Aquário Vasco da Gama).....284
Apêndice H - Questionário Online aos Professores.....285
Apêndice I – Questionário Online aos Formandos (CCVA).....287
Apêndice J – Entrevista ao Professor (Atividade D Carlos).....289
Apêndice L - Questionário aos alunos (Atividade D Carlos).....290
Apêndice M – Entrevista em Grupo Focado aos Alunos (Atividade D Carlos).....291
Apêndice N - Classificação dos Módulos Observados (Pavilhão do Conhecimento).....292

NOTA PRÉVIA

No decorrer desta investigação foram realizados quatro estudos empíricos, cujos dados foram trabalhados e apresentados sob a forma de quatro artigos, que foram publicados ou aceites em revistas internacionais da especialidade, com peritagem científica, pelo que na elaboração desta Tese, e nos termos do Artigo 2º, do Decreto-Lei nº 230/2009, publicado em Diário da República – 1º Série, Nº 178, de 14-09-2009, assim como o disposto no nº3 do artigo 36, e nos nºs 3,4 e 5 do Artigo 39 do Regulamento de Estudos Pós-graduados da Universidade de Lisboa e no nº 3 da alínea f das Normas Regulamentares do Doutoramento em Educação, Despacho n.º 10647/2011, publicado em Diário da República – 2ª série, Nº 163, de 25-08-2011, foi efetuado o aproveitamento total dos resultados destes trabalhos, publicados em colaboração, os quais integram alguns capítulos da presente tese. Em todos estes trabalhos, a candidata participou na obtenção, análise e discussão dos resultados, bem como na elaboração da sua forma publicada ou a publicar. Um dos trabalhos apresentados foi desenvolvido no âmbito de um projeto europeu (7º Programa Quadro) HIPST – History and Philosophy of Science in Science Teaching[2].

A presente tese baseia-se nos seguintes artigos que são referidos no texto pelos respetivos números romanos (e cujos textos integrais são disponibilizados no Apêndice A):

I. Faria, C. & Chagas, I. (2012). School-visit to a science centre: the relevance of teachers' behaviour. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *11*(3), 582-594.

II. Faria, C. & Chagas, I. (2012). Investigating school guided-visits to an Aquarium: what role for science teachers? *International Journal of Science Education*, Part B: Communication and Public Engagement iFirst Article, 1–16. DOI:10.1080/09500693.2012.674652

III. Faria, C., Chagas, I., Machado, A., & Sousa, J. (*in press*). A science teacher education course in a science centre: a successful strategy to empower

[2] History and Philosophy in Science Teaching (7th Framework Program, Science in Society-2007-2.2.1.2 - Teaching Methods); Países envolvidos: Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Israel, Polónia, Portugal, UK; Coordenação Portuguesa: R. Coelho (FCUL); 2007-2010.

teachers to master museum resources exploration? *Electronic Journal of Science Education.*

IV. Faria, C., Pereira, G., & Chagas, I. (2012). D Carlos de Bragança, a pioneer of experimental marine oceanography: filling the gap between formal and informal science education. *Science & Education, 21*, 813-826. DOI: 10.1007/s11191-010-9239-x.

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Instrumentos de recolha de dados utilizados nos diferentes estudos realizados……..... 68
Quadro 2. Distribuição dos participantes segundo o ano de escolaridade……... 72
Quadro 3. Distribuição dos professores segundo o ano de escolaridade…….. 78
Quadro 4. Comportamento dos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade……... 92
Quadro 5. Comportamento dos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade……... 97
Quadro 6. Sequência de comportamentos observados na exposição "Knojo"……. 101
Quadro 7. Sequência de comportamentos observados na exposição "Explora"….. 101
Quadro 8. Avaliação das exposições pelos professores ……..... 103
Quadro 9. Resultados do questionário aplicado aos alunos segundo o nível de escolaridade……... 119
Quadro 10. Resultado dos questionários aplicados aos monitores do museu…….. 123
Quadro 11. Apreciação geral do curso pelos professores …..……. 136
Quadro 12. Avaliação dos motivos de frequência do curso e dos seus impactes 137
Quadro 13. Razões para a não organização de visitas de estudo a um centro de ciência…… 137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das escolas provenientes de fora do distrito de Lisboa…… 77
Figura 2. Exposição "KNojo!"; Tempo de permanência em cada módulo (média e desvio padrão)…….. 89
Figura 3. Exposição "KNojo!"; Frequência média dos diferentes tempos de permanência (média e desvio padrão)……. 90
Figura 4. Exposição "KNojo!"; Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas…….. 91
Figura 5. Exposição "KNojo!": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos professores……. 93
Figura 6. Exposição "Explora"; Tempo de permanência em cada módulo (média e desvio padrão)……..... 95
Figura 7. Exposição "Explora"; Frequência média dos diferentes tempos de permanência (média e desvio padrão). 95
Figura 8. Exposição "Explora": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos alunos……. 96
Figura 9. Exposição "Explora": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos professores……. 98
Figura 10. Frequência relativa de cada tipo de comportamento realizado pelos alunos, observado em cada uma das exposições…… 100
Figura 11. Sequências de comportamentos mais frequentes…… 101
Figura 12. Frequência relativa dos comportamentos realizados pelos professores em cada exposição…… 102
Figura 13. Resultados relativos ao questionário aplicado aos professores…… 116
Figura 14. Resultados relativos ao questionário aplicado aos alunos…….. 120
Figura 15. Apreciação global das visitas guiadas efetuada pelos alunos…… 121

GLOSSÁRIO

Agenda de aprendizagem:
Um conjunto de desejos, necessidades e expectativas para a aprendizagem durante a visita a um museu ou centro de ciência. Inclui as intenções, objetivos de aprendizagem e práticas pedagógicas a desenvolver durante a visita (Lucas, 2000).

Educador do museu:
Técnico do sector educativo do museu ou centro de ciência, cuja função será a de planificar, organizar e eventualmente acompanhar as visitas às exposições, de forma a maximizar as suas potencialidades educativas, assim como a de assegurar a existência de uma formação adequada dos respetivos monitores.

Educação em contexto formal:
A aprendizagem ocorre de forma planeada, em geral associada a uma instituição escolar. "[A educação formal] de que o protótipo é o ensino dispensado pela escola, com base na assimetria professor-aluno, na estruturação prévia de programas e horários, na existência de processos avaliativos e de certificação" (Canário, 1999, p. 80).

Educação em contexto não-formal:
A aprendizagem ocorre de uma forma planeada mas extremamente flexível, numa instituição, organização ou situação para além das esferas da escola. Partilha com as escolas a característica de ser mediada, mas a motivação para a aprendizagem pode ser totalmente intrínseca ao aprendente (Eshach, 2007). "[A educação não formal é caracterizada] pela flexibilidade de horários, programas e locais, (…) em que está presente a preocupação de construir situações educativas "à medida" de contextos e públicos singulares" (Canário, 1999, p. 80).

Educação em contexto informal:
Aplica-se a situações do dia-a-dia em que a aprendizagem ocorre espontaneamente. Não contempla qualquer figura de mediador. A aprendizagem é intrinsecamente motivada e o caminho é determinado pelo aprendente (Eshach, 2007). "[A educação informal] corresponde

a todas as situações potencialmente educativas, mesmo que não conscientes, nem intencionais, por parte dos destinatários, correspondendo a situações pouco estruturadas e organizadas" (Canário, 1999, p. 80).

Guião de visita:
Conjunto de indicações e atividades relacionadas com uma determinada exposição do museu ou centro de ciência, geralmente direcionado para o público escolar.

Monitor:
Técnico de apoio das visitas ao museu ou centro de ciência, cuja função será a de monitorizar e apoiar os visitantes, no caso das visitas livres, ou a de guiar as visitas às exposições.

Módulo expositivo:
Dispositivo físico ou conjunto de dispositivos, que fazem parte integrante de determinada exposição de um centro de ciência, organizados em estações e respetivos desafios/atividades.

Módulo interativo ("Minds-on"):
Módulo expositivo que requer a manipulação pelo visitante e promove uma comunicação bidirecional, proporcionando uma multiplicidade de opções; pode ser manipulado de diferentes formas, coloca questões aos visitantes, requer um processo de descoberta (Hernandez-Hernandez, 1998).

Módulo manipulável ("Hands-on"):
Módulo expositivo que requer a manipulação física pelos visitantes e fornece respostas simplificadas e unívocas às questões colocadas (Hernandez-Hernandez, 1998).

Museu:
Segundo a legislação Portuguesa, museu é uma:

> Instituição de carácter permanente, com ou sem personalidade jurídica, sem fins lucrativos, dotada de uma estrutura organizacional que lhe permite: a) garantir um destino unitário a um conjunto de bens culturais e valorizá-los através da investigação, incorporação, documentação, conservação, interpretação, exposição e divulgação, com objetivos científicos, educativos e lúdicos; b) facultar o acesso regular ao público e fomentar a

democratização da cultura, a promoção da pessoa e o desenvolvimento da sociedade (artigo 3º da Lei-Quadro dos Museus Portugueses, nº 195/2004, de 19 de Agosto de 2004).

Museu de Ciência:

Todos os museus ou centros de ciência que tenham uma vertente científica, relacionada com o mundo natural, como temática principal. Nesta definição incluem-se:

As instituições, com diferentes designações, que apresentem as características e cumpram as funções museológicas previstas na presente lei para o museu, ainda que o respetivo acervo integre espécies vivas, tanto botânicas como zoológicas, testemunhos resultantes da materialização de ideias, representações de realidades existentes ou virtuais, assim como bens de património cultural imóvel, ambiental e paisagístico. (artigo 3º da Lei-Quadro dos Museus Portugueses, nº 195/2004, de 19 de Agosto de 2004).

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

> My best advice to you is to get involved with anything you can outside school. You know, it could be a school trip, fieldwork, outdoor pursuits, a school holiday; anything where you see pupils and how they learn in a different light. You learn so much more about them, what motivates and drives them. You share their fears and aspirations and they share yours. It's the most rewarding thing I have done this year.[3]
>
> Comentário de um professor numa sessão para estudantes na Universidade de York, Junho de 2003 (citado em Braund & Reiss, 2004, p. 2)

Nas últimas décadas, os movimentos de educação em ciência têm convergido na necessidade de promover uma maior compreensão da ciência e da tecnologia, e de desenvolver um conhecimento científico baseado em conceitos fundamentais em ciências, na sua natureza metodológica e nas suas relações com a sociedade, competências essenciais para o pleno exercício de uma cidadania ativa nas sociedades modernas. No sentido de promover o desenvolvimento de cidadãos ativos, capazes de se envolver nas questões científicas atuais e relevantes para a sociedade, é essencial o desenvolvimento de práticas inovadoras quer na educação em ciência, quer na formação

[3] O meu melhor conselho é o de que se envolvam em tudo o que possam no que diz respeito a actividades fora da escola. Pode ser uma visita de estudo, trabalho de campo, actividades radicais, ou umas férias da escola. Tudo onde possam ver os alunos, e a forma como aprendem, sob nova luz. Aprendemos muito mais acerca deles, do que os motiva e dos que os faz prosseguir. Partilhamos os seus medos e aspirações, e eles os nossos. Foi a coisa mais recompensadora que fiz este ano. (Tradução da responsabilidade da autora da presente tese).

de professores, tais como o trabalho de natureza investigativa, a resolução de problemas e a tomada de decisão. Estas estratégias poderão ter um forte impacte na promoção do interesse e da aprendizagem por parte dos alunos de todos os níveis de escolaridade, promovendo a utilização de competências intelectuais, como o pensamento crítico e reflexivo, para além da aquisição de conhecimentos científicos de base (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Osborne & Dillon, 2008; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Proporcionam também, a oportunidade de desenvolver e utilizar uma série de competências complementares, tais como o trabalho colaborativo e competências de comunicação (Duschl & Grandy, 2008).

No entanto, alguns relatórios internacionais (ex. "Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies", 2006; "Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe", 2007; "Science Education in Europe: Critical reflections", 2008) têm vindo a salientar o facto de na maioria dos países europeus o ensino das ciências seguir uma abordagem tradicional, que poderá estar a ter um impacte negativo no desenvolvimento de atitudes direcionadas para a aprendizagem das ciências. No sentido de contrariar esta tendência, têm surgido diversas recomendações que procuram acelerar a mudança pretendida no ensino das ciências que é desenvolvido em sala de aula (Fensham, 2008; Goodrum, Hackling & Rennie, 2001; Millar & Osborne, 1998; NRC, 2011; OECD, 2003; Osborne & Dillon, 2008; Rutherford & Ahlgren, 1990), nomeadamente pela promoção de ações colaborativas entre as diferentes entidades envolvidas na educação em ciência, seja em contexto de aprendizagem formal seja em contexto de aprendizagem não-formal (associado a museus e centros de ciência), através da troca de conhecimentos e experiências entre os diferentes intervenientes (King & Glackin, 2010; NRC, 1996; Wellington, 1998). O ensino das ciências tem necessariamente de sair dos "muros" da escola e explorar os recursos disponíveis nas comunidades onde esta se insere (Freitas & Martins, 2005; NRC, 1996).

A vivência de experiências de aprendizagem fora do ambiente escolar tem vindo a ser apontada como um processo de aprendizagem importante para a promoção de elevados níveis de literacia científica (ex. Bybee, 1993, 2001; Bybee & Legro, 1997; Cox-Petersen, Marsh, Kisiel & Melber, 2003; NRC, 1996, 2011). Verifica-se, também,

que a exploração pedagógica dessas experiências fora da escola, sob a forma de trabalhos de projeto, trabalho de campo e visitas a museus, pode contribuir para diminuir o fosso entre a ciência da sala de aula e a ciência do dia-a-dia (ex. Braund & Reiss, 2004; Falk, Koran & Dierking, 1986; Hein, 2006; Ramey-Gassert, Walberg & Walberg, 1994), um aspeto essencial na promoção de uma atitude positiva por parte dos alunos em relação à aprendizagem das ciências (Earwicker, 2008).

Os museus e os centros de ciência podem contribuir fortemente para atingir estes objetivos. Uma das principais missões destas instituições, para além da investigação e conservação do património científico, é a promoção de um maior envolvimento do público em geral com a ciência. E apesar do trabalho com as escolas constituir apenas uma parte desse objetivo, este assume-se como sendo uma parte essencial (ICOM, 2007).

Os museus e centros de ciência constituem ambientes de aprendizagem com características únicas, potenciadoras da curiosidade, da motivação e do interesse pela ciência (Falk & Dierking, 2000), que poderão complementar as aprendizagens realizadas no ambiente mais formal da escola não só pelo facto de proporcionarem um contacto direto com a realidade, como a oportunidade de contextualizar o conhecimento e a sua evolução num contexto cultural e ambiental mais amplo (Xanthoudaki, 2002). A visita ao museu é atualmente considerada como uma ferramenta educacional promotora do reconhecimento e compreensão por parte do visitante da sua herança cultural, da aquisição de conhecimento cognitivo e histórico, do desenvolvimento de um sentido estético e da melhoria da compreensão acerca de questões científicas (Xanthoudaki, 2002). Estas instituições podem assim, contribuir para o desenvolvimento de um público escolar mais interessado e recetivo à aprendizagem das ciências ao longo da vida, desempenhando um importante papel na concretização dos objetivos preconizados nos documentos internacionais de reforma da educação em ciência (Millar & Osborne, 1998; OECD, 2003, 2006; NRC, 2011; Osborne & Dillon, 2008).

Nas últimas décadas a importância da educação como uma das funções dos museus em geral, e dos museus e centros de ciência em particular, tem vindo a ser reconhecida por ambos os intervenientes, tanto dos museus como das escolas. De acordo com o *International Council of Museums* (ICOM, 2007),

> Um museu é uma instituição permanente, sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público, que adquire, conserva, investiga, comunica e exibe testemunhos materiais da atividade humana e do seu ambiente, para fins de estudo, educação e entretenimento[4]. (p. 2)

Os primeiros estudos empíricos centrados no comportamento dos visitantes e nos fatores que influenciam as relações que estes estabelecem com os objetos expostos, iniciaram-se nos Estados Unidos da América e na Inglaterra no início do séc. XX, tendo como principal objetivo apoiar a planificação das exposições (Delicado, 2009). A partir de década de sessenta a investigação educacional nos museus de ciência assume grande relevância (Chagas, 1993), observando-se uma crescente disponibilização, nos museus, de atividades direcionadas para a educação e à existência de pessoal especializado no sector educativo dos museus. A primeira vez que se mencionou o cargo de "educador do museu" foi em 1927, na publicação de Coleman, "Manual for Small Museums" (Hein, 2006).

Atualmente a educação é uma das principais funções dos museus e centros de ciência (Hooper-Greenhill, 1989), assistindo-se a uma diversificação da oferta direcionada às escolas, seja através de visitas guiadas, seja através da criação de guiões de visita, seja através de cursos de formação dirigidos a professores. Da parte das escolas tem-se vindo a assistir, também, a uma crescente procura dos museus e centros de ciência, que fazem agora parte integrante de muitas visitas escolares. Atualmente, de acordo com o último relatório do Instituto Nacional de Estatística, as excursões escolares constituem mesmo uma parte muito significativa do público dos museus e centros de ciência em Portugal (entre 22% a 45%, consoante o museu), sendo mesmo maioritário no caso dos Centros de Ciência (INE, 2010).

É assim unânime a ideia de que os museus e centros de ciência são instituições educacionais, mas serão de facto locais de aprendizagem da ciência para os grupos escolares?

[4] Todas as traduções são da inteira responsabilidade da autora da presente tese.

Na investigação acerca dos impactes das visitas de estudo aos museus e centros de ciência nas aprendizagens consideram-se três perspetivas diferentes, ou três tipos de atores: os alunos, com a sua carga de emoções, experiências prévias e expectativas; os professores, com as suas conceções, expectativas e constrangimentos; e os educadores dos museus, com as suas conceções e expectativas, às quais está intimamente ligado o enquadramento do museu e das exposições existentes. De acordo com Griffin (1998) os fatores que podem influenciar o processo de aprendizagem que ocorre numa visita de estudo a um museu variam segundo os diferentes intervenientes.

No caso dos alunos, este autor assinala como fatores que potencialmente podem interferir na aprendizagem, a curiosidade acerca da temática, a motivação pessoal, o tipo de trabalho desenvolvido previamente acerca da temática, o tipo de experiências anteriores ocorridas em museus, o grau de compreensão acerca do propósito da visita, o grau de participação na planificação da visita e o tipo de conhecimento prévio acerca do próprio museu.

No caso dos professores, salienta-se fatores relacionados com as experiências prévias, nomeadamente visitas de estudo anteriores, a sua perspetiva pessoal acerca das visitas de estudo a museus, e acerca da aprendizagem das ciências, o esforço despendido na preparação prévia da visita, o conhecimento dos recursos disponíveis no museu, e as estratégias pedagógicas desenvolvidas (antes, durante e após a visita).

Finalmente, no caso dos educadores do museu, salienta-se os aspetos relacionados com a instituição em si, nomeadamente os materiais educacionais disponíveis no museu, o tipo de situações de aprendizagens criadas ou disponibilizadas pelo museu, diversos aspetos relacionados com as exposições (constrangimentos espaciais, organizacionais, etc.), e aspetos relacionados com o próprio educador e/ou monitor, nomeadamente, as suas perspetivas pessoais acerca da aprendizagem em museus, e características pessoais de gestão e dinamização de atividades de animação.

Apesar de esta parceria envolver atores provenientes de instituições diferentes, nomeadamente a escola e os museus, atualmente a tendência observada na maioria dos museus de ciência tem sido a de dar uma importância crescente ao papel do educador do próprio museu, não só na planificação e orientação de toda a visita escolar, como no estabelecimento de "pontes" com o currículo de ciências (ex. oferta de visitas

articuladas com os currículos escolares). Mesmo no caso dos centros de ciência, em que não são deliberadamente proporcionadas visitas guiadas, assumindo-se que a sua organização expositiva pressupõe uma manipulação direta e livre pelos visitantes, assiste-se a uma tendência para a construção de roteiros de exploração dos módulos expositivos. Assiste-se assim a uma crescente intervenção e protagonismo por parte dos museus e centros de ciência na relação que estabelecem com as escolas, através da elaboração e oferta de guiões de visita, ou mesmo pela organização de cursos de formação de professores para a exploração dos recursos de que dispõem, sendo estas instituições a assumir a quase total responsabilidade de interpretar os recursos disponíveis de forma a promover a sua exploração pedagógica por professores e alunos.

Apesar desta crescente responsabilização por parte dos museus, tendo em conta que neste processo interagem de forma complexa fatores relacionados com intervenientes provenientes de duas instituições diferentes, a escola e o museu, possivelmente a força desta colaboração irá residir na possibilidade de intervenção de todos os atores envolvidos, e não apenas da parte do museu, e nesse sentido o papel da escola não pode ser descurado.

Inserido neste panorama, e tendo em vista contribuir para uma maior compreensão da relação possível entre os museus e centros de ciência e as escolas, importa compreender qual o papel que cabe ao museu e qual o papel que cabe à escola neste processo conjunto de promoção das aprendizagens em ciência. Com o intuito de contribuir para a compreensão desta temática, o presente trabalho centrou-se na seguinte questão de investigação: Qual o papel que as escolas, e consequentemente os professores, deverão desempenhar na planificação, desenvolvimento e implementação de visitas escolares aos museus e centros de ciência? Pretende-se com esta tese contribuir para a construção de uma nova visão acerca do papel a desempenhar pelos diferentes atores envolvidos nesta complexa relação educativa, principalmente acerca do papel a assumir pelos professores de ciências.

A presente tese encontra-se organizada em três partes: uma primeira parte, na qual se apresenta um enquadramento teórico relacionado com a temática em estudo, nomeadamente a análise da literatura acerca das perspetivas atuais da educação em

ciência, e uma revisão da investigação acerca das visitas escolares aos museus e centros de ciência, mais concretamente a caracterização do contexto e da natureza das aprendizagens que ocorrem nos museus e centros de ciência, a análise das evidências provenientes da investigação acerca dos impactes das visitas de estudo aos museus e centros de ciência e aspetos a ter em conta para assegurar um maior impacte em termos de aprendizagem das ciências nas visitas de estudo aos museus e centros de ciência.

Na segunda parte apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos em quatro estudos empíricos realizados em museus e centros de ciência, nomeadamente a análise e discussão de visitas escolares livres (Estudo 1) e visitas escolares guiadas (Estudo 2), a análise e avaliação de um curso de formação de professores oferecido por um centro de ciência e das respetivas visitas orientadas pelo professor-formando (Estudo 3) e o planeamento, implementação e avaliação de uma proposta de atividade de exploração da história da ciência a ser implementada num projeto conjunto entre a escola e um museu de ciência (Estudo 4).

Finalmente numa terceira parte, é efetuada uma discussão geral e são elaboradas algumas considerações finais, fundamentadas nos dados obtidos e na literatura revista, no sentido de se construir uma resposta para o problema de investigação enunciado.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo pretende-se analisar as perspetivas atuais de uma educação em ciência para o século XXI, e efetuar uma revisão crítica, com base na investigação, acerca das potencialidades educacionais das visitas escolares aos museus e aos centros de ciência.

2.1. Educação em Ciência

A visão que temos da educação em ciência, aqui entendida como uma articulação entre as vertentes educação para a ciência, sobre ciência e através da ciência (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002), de quais os seus fundamentos e propósitos, tem vindo a sofrer reformulações importantes, reflexo de mudanças nas características da própria sociedade, do que se pretende para o exercício de uma cidadania ativa e democrática, e na forma de entender o aluno, o processo de aprendizagem e consequentemente o próprio processo educativo. Neste subcapítulo pretende-se perspetivar a educação em ciência na atualidade pela análise do percurso decorrido, e refletir de forma crítica acerca de uma visão da educação em ciência como um instrumento fundamental para a promoção de uma visão da ciência como cultura.

2.1.1. Abordagens Educativas na Educação em Ciência: Breve Perspetiva Histórica

De acordo com Roldão (1999), a forma como se perspetiva a educação, e consequentemente a abordagem educativa a desenvolver, resulta da articulação de pelo menos três grandes fatores: a sociedade, o conhecimento científico e a representação social e pedagógica do aluno. A sociedade, pelo facto de as respostas da escola como instituição se estruturarem a partir das conceções, valores e necessidades sociais,

económicas e políticas de um dado contexto; o conhecimento científico, pelo facto de estar em constante e rápida evolução, introduzindo sempre novos elementos e novas formas de encarar o saber; a representação social e pedagógica do aluno, geralmente enquadrada pelo contributo de áreas de saber ligadas às ciências do desenvolvimento da criança e da aprendizagem. Da dinâmica gerada entre estes fatores e do peso relativo de cada um resulta uma dinâmica evolutiva das abordagens educativas e consequentemente dos currículos escolares. Tendo este enquadramento em mente, e assumindo-se que qualquer tentativa de perspetivar o percurso decorrido se constitui sempre como uma simplificação, são aqui apresentadas algumas ideias chave que marcaram algumas abordagens educativas, e que naturalmente contribuem para perspetivar a educação em ciência na atualidade e consequentemente também a vertente educativa dos museus e centros de ciência.

A ciência começou a fazer parte do currículo escolar no decorrer do século XIX, tanto na Europa como nos EUA, em grande parte devido a pressões dos próprios cientistas (DeBoer, 2000). Como principal argumento utilizado, para além da sua importância prática num mundo que começava a ser dominado pela ciência e tecnologia, foi a ideia de que a aprendizagem da ciência promovia o treino intelectual de alto nível, não através da lógica dedutiva que caracterizava a maior parte da educação na altura, mas pelo processo indutivo de observação do mundo natural (DeBoer, 2000). Os alunos aprendiam desenvolvendo investigações autónomas e independentes, e esta atitude de autonomia iria permitir e potenciar a sua participação numa sociedade aberta e democrática.

Na mesma linha, já no início do século XX, John Dewey apontou o estudo da ciência como sendo uma finalidade intelectual legítima pelo poder que esta daria aos indivíduos para agir de forma independente, "whatever natural science may be for the specialist, for educational purposes it is knowledge of the conditions of human action”[5] (Dewey, 1916, p. 228). A educação em ciência era assim justificada pela sua relevância para a vida contemporânea e pela sua contribuição para a construção de uma compreensão partilhada do mundo por parte de todos os membros da sociedade

[5] A presente citação foi mantida na sua versão original para não desvirtuar as palavras do autor.

(DeBoer, 2000). Nos anos 30, outras vozes se levantaram que advogavam que independentemente da compreensão acerca da relevância da ciência para o indivíduo, era necessário não se perder de vista, como razão fundamental para o ensino das ciências, o desenvolvimento de uma compreensão racional do mundo natural (DeBoer, 2006), ou seja salientando a importância da dimensão do próprio conhecimento científico.

Este debate marcou todo esse século, tendo-se refletido no percurso de natureza pendular dos currículos escolares, alternando entre a atribuição de maior ênfase às dimensões associadas ao saber e às dimensões associadas às necessidades e interesses do aluno (Roldão, 1999). Este é ainda hoje um dos grandes desafios da educação em ciência - o de encontrar o melhor equilíbrio, ou o equilíbrio possível, entre a ênfase na compreensão racional alargada do mundo natural por um lado, e na compreensão da utilidade da ciência para a plena vivência numa sociedade democrática, por outro (DeBoer, 2000; Osborne & Henessy, 2003).

A par deste debate, que foi acompanhando as mudanças nas características e necessidades da sociedade, que por sua vez se refletiram em diferentes opções curriculares, é de referir mudanças a nível da representação pedagógica do aluno. Com efeito, após a primeira Guerra Mundial, pedagogias humanistas emergentes (ex. Delcroly, Freinet, Montessori) apresentaram uma nova visão do processo educativo na qual, e desafiando os modelos dogmático-transmissivos baseados numa visão behaviorista da aprendizagem segundo a qual esta ocorre por associação e condicionamento, herança do século anterior, se enaltece o conhecimento indutivo e se entende a aprendizagem como um processo interno de desenvolvimento. Estas pedagogias pretenderam eliminar uma visão do processo educativo como a pura transmissão do saber, e sobretudo o tradicional papel do professor, como detentor absoluto do conhecimento e da autoridade. Pretendeu-se recuperar (com base nos trabalhos de Dewey), como um valor em si a dimensão do educando, valorizando a atividade do aluno e o clima social e psicológico da escola e da sala de aula (ver Santos, 2005 para uma revisão), advogando-se assim a necessidade da implementação de estratégias de ensino e aprendizagem centradas no aluno, nos seus interesses e necessidades (Dewey, 1916).

Paralelamente à emergência destas pedagogias centradas no aluno, há a referir toda uma evolução nas teorias do desenvolvimento e da aprendizagem, que implicaram uma reformulação constante no pensar do processo educativo. Nos anos 60, com base no trabalho de Bruner sobre as vantagens de fazer a criança descobrir por si própria, surge a defesa da aprendizagem por descoberta no contexto do ensino das ciências (DeBoer, 2006; Lock, 1988; Osborne & Henessy, 2003), que veio desafiar o ensino tradicional, ainda baseado em princípios behavioristas (Shulman & Tamir, 1973). Segundo Bruner (1960), a aprendizagem depende da habilidade do "aprendiz" em se envolver num processo de descoberta, que será despoletado pelo sentimento de incongruência, ou seja, pelo aparecimento de um problema por resolver. Assim, os professores passam a seguir diferentes modelos de ensino, centrados no aluno, segundo os quais se procuram criar situações de aprendizagem que permitam aos alunos chegar aos princípios e conceitos que eles terão de aprender (Barberá & Valdés, 1996; Dreyfus, 1993; Pérez & Castro, 1996).

Tal abordagem começou no entanto, a ser criticada por se considerar que essa perspetiva presume que um conjunto de experiências sensoriais pode dar origem ao conhecimento por via puramente indutiva, ou seja, por conter a ideia implícita da existência de um conjunto de processos que, quando devidamente treinados, dão acesso a um conhecimento impessoal e universal a todos os sujeitos (Millar & Driver, 1987).

Movimentos epistemológicos acerca do que é a ciência, de como se faz ciência e de como se constrói o conhecimento científico (ver trabalhos de Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, Feyerabend) começaram a questionar a visão do conhecimento como uma representação rigorosa da realidade, impessoal e universal, rebatendo as fundações epistemológicas empiristas da educação em ciência. Na perspetiva racionalista contemporânea, é assumido que o conhecimento científico, os conceitos e as teorias não resultam indutivamente apenas a partir da observação, sendo antes produtos da imaginação e criatividade pessoal, sendo construídos a partir do pensamento e do envolvimento em investigações sobre a realidade (Bybee, 2006; Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Harlen, 1992; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Osborne & Fryberg, 1991). Os cientistas compreendem que todas as ideias atualmente aceites podem ser provisórias, e que embora constituam de momento as melhores

explicações disponíveis, podem revelar-se como falsas ou incompletas pela investigação subsequente. Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2002), nesta perspetiva, trata-se de aceitar o conhecimento aproximado, a busca da verdade e não a verdade em si, nem a certeza. No plano educativo, trata-se de abandonar planos rígidos, tipo receita, para se assumir uma pluralidade de métodos e de procedimentos, recusando-se assim a promoção *do* método de investigação à categoria de método de ensino, como sendo um método linear, sequencial, universal de ensino para construir todo e qualquer conceito (ver Cachapuz et al., 2002 para o confronto entre a perspetiva epistemológica empirista *versus* racionalista da ciência).

Tendo em conta a complexa interação entre todos estes fatores, nomeadamente a evolução da própria sociedade, a evolução dos movimentos epistemológicos da ciência, e a evolução das teorias da aprendizagem, os modelos tradicionais de educação em ciência centrados apenas no conhecimento começaram a ser questionados. Neste contexto, um modelo de ensino das ciências não poderá assumir um carácter de "oferta" de um manancial de evidências, desligadas de uma perspetiva de construção pessoal e social do conhecimento.

Com base nas ideias veiculadas pelos trabalhos de Piaget sobre a importância da ação interna do próprio aluno, isto é dos fatores intrapessoais na construção do conhecimento e do pensamento, valorizando o aluno como sujeito psicológico (e identificando vários estádios de desenvolvimento cognitivo do aluno), e dos trabalhos de Vygotsky, que valorizou os fatores socioculturais e interpessoais na construção do saber e do sujeito, atribuindo um peso muito significativo à mediação da cultura, das relações sociais, do professor e dos pares na construção do conhecimento, começou a surgir uma perspetiva construtivista sobre a aprendizagem em geral, e a aprendizagem das ciências em particular. A aprendizagem começou a ser entendida como um processo ativo e construtivo, da responsabilidade do próprio aprendente (Novak & Gowin, 1984; Osborne & Wittrock, 1985; White, 1988), salientando-se como aspetos importantes para a aprendizagem, a motivação do aprendente, as suas experiências prévias, o seu conhecimento tácito e a sua identidade cultural (Brown, Collins & Duiguid, 1989; Lave, 1988).

São delineados, assim, a partir dos anos 80, diferentes percursos educativos que, apesar de darem maior ou menor ênfase à estimulação sociocultural, privilegiando o construtivismo social ou o construtivismo pessoal (conforme entendem a direção do desenvolvimento do social para o individual ou do individual para o social - ver Santos, 2005 para uma revisão), assumem todos eles uma perspetiva construtivista da aprendizagem, na qual se aceita que o sujeito constrói um significado a partir das experiências passadas e presentes, processo esse que pode ser facilitado por outros intervenientes mais experientes que desafiem as visões do aprendente, ajudando a criar a necessidade de este considerar e integrar outras visões alternativas. Estas pedagogias procuram valorizar no processo de aprendizagem:

(i) as ideias prévias dos aprendentes, fazendo depender o esforço para ensinar de uma avaliação do conhecimento prévio dos alunos (Ausubel, 1968); pela importância que foi dada a este aspeto, desenvolveu-se inclusive uma linha própria de investigação em educação centrada nas conceções alternativas, que são representações pessoais, contextualizadas e normalmente partilhadas por grupos de alunos, que embora difiram significativamente dos conceitos científicos, funcionam para o aluno como uma alternativa a esses mesmos conceitos (Driver, 1989);

(ii) o papel do aprendente na construção do seu próprio conhecimento por reestruturações sucessivas; a aprendizagem é entendida como um processo de construção e reconstrução dos conhecimentos, sendo os alunos que transformam a informação em conhecimento e que, de forma progressiva, irão adquirir e desenvolver instrumentos para “pensar melhor”; segundo Vygotsky a atividade do sujeito é fundamental, enquanto processo de transformar o meio mediante o uso de instrumentos; é a cultura que proporciona ao indivíduo as ferramentas de que necessita para modificar o seu meio, adaptando-se progressivamente a ele, assumindo a linguagem um papel fundamental pois, além de ser um instrumento de pensamento, é um fator de desenvolvimento do próprio pensamento, funcionando como um instrumento de mediação psicológica entre o indivíduo e a realidade (Vygotsky, 1962);

(iii) o papel do professor como organizador e facilitador da aprendizagem; assegurando as interações típicas da aprendizagem por mudança conceptual, professor-aluno, aluno-aluno, aluno-objeto de aprendizagem, processo do pensar-conteúdo do pensar (Santos, 2005).

Uma das ideias chave destas abordagens é a de que a aprendizagem envolve mudanças nas conceções acerca dos conteúdos e no próprio sistema cognitivo do aprendente, no sentido de compreender esses mesmos conteúdos – aprendizagem por mudança conceptual (ver Duit & Treagust, 1998 para uma revisão); a aprendizagem inicia-se sempre a partir de um conjunto de conceções prévias, detidas pelo aprendente (Ausubel, 1968), tendo este de percorrer um percurso de aprendizagem no qual as ideias prévias sejam substituídas pelas conceções científicas a serem aprendidas (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). Inserido nesta linha ressurgiu o conceito de "conflito cognitivo" (já presente nos trabalhos de Piaget), segundo o qual o aluno é desafiado a aprender quando se apercebe da existência de uma discrepância entre as suas ideias e a evidência, como por exemplo os resultados de uma experiência, ou mesmo entre as suas ideias e as ideias do professor e/ou dos colegas (Cavendish, Galton, Hargreaves & Harlen, 1990; Scott, Asoko & Driver, 1992).

Assume-se assim que os alunos enfrentam as novas situações de aprendizagem já com algum conhecimento prévio e uma explicação acerca do seu mundo. À medida que os alunos constroem a sua compreensão, vão efetuando ligações significativas entre o conhecimento que já possuem e as novas informações relativas à situação de aprendizagem (Ausubel, 1968). Por este motivo, é importante proporcionar situações de aprendizagem bem articuladas, que ajudem o aluno a fazer a "ponte" entre os novos conceitos e o conhecimento prévio que já possuem, atribuindo-se assim ao professor o papel de "organizador" de estratégias intencionais, provocadoras de conflito cognitivo, e que ao mesmo tempo estimula a problematização e a interrogação acerca do possível significado que os alunos atribuem aos seus saberes (Cachapuz et al., 2002).

Nas últimas décadas do século XX, e retomando os trabalhos de diversos autores que advogaram a necessidade do aluno se tornar ator da sua formação, por intermédio de aprendizagens concretas e significativas para si próprio (ex. Dewey, Freinet),

ressurgiu a questão relacionada com a necessidade de se ligar a ciência à sociedade e ao quotidiano (Boutinet, 1990). Como consequência, a ideia de que a ciência deveria ser ensinada juntamente com as suas aplicações tecnológicas e implicações sociais – movimento CTS (ciência, tecnologia e sociedade) – que mais tarde incluiu também o ambiente – CTS-A, começou a ganhar força e aderentes (ex. Kahle & Yager, 1981; Martins, 2002).

Com base nesta visão CTS da educação em ciência, e fundamentados nas perspetivas construtivistas da educação em ciência que valorizam e fomentam o desenvolvimento de aprendizagens significativas (Novak & Gowin, 1984; White & Gunstone, 1992) através de um intenso envolvimento intelectual e emocional por parte dos alunos, foram definidos novos currículos, novas diretrizes para a educação em ciência e novas orientações para o trabalho prático, que passou a ser entendido como uma investigação de um fenómeno natural ou de um problema que tenha significado na vivência do aluno (DeBoer, 2000; Dreyfus, 1993; Martins, 2002).

Paralelamente ocorreram contributos importantes para a compreensão da aprendizagem provenientes de outras áreas do conhecimento, tais como a neurobiologia. Estudos sobre a metacognição (Flavell, 1976) apontaram para a importância do desenvolvimento, por parte do aluno, de capacidades e conhecimentos metacognitivos, i.e. conhecimentos sobre si próprio e sobre os outros como aprendentes, e sobre os processos que lhe permitem exercer a auto-regulação da sua atividade, para o sucesso escolar.

Gardner (1983), que desenvolveu a teoria das inteligências múltiplas, propõe uma visão pluralista, multidimensional e plurifacetada da inteligência, entendida como a capacidade de resolver problemas ou de criar produtos que sejam valorizados dentro de um ou mais cenários culturais, que veio romper com a visão de determinismo biológico da inteligência e do seu reducionismo lógico-matemático, valorizando a diferença e o estilo próprio de cada um na aprendizagem. Outros autores partilham uma visão da aprendizagem como sendo função da atividade, contexto e cultura em que ocorre – aprendizagem situada (Lave & Wenger, 1991), ou seja, é a prática social e a cultura onde os alunos estão inseridos que funciona como polo dinamizador da aprendizagem, sendo assim valorizada a construção social do conhecimento, através da interação social

e dos processos de aprendizagem colaborativos. São de referir também os trabalhos de Damásio (1995, 2000, 2010) sobre a relação intrínseca entre razão e emoção. Segundo este autor, sem as emoções, a razão não é possível, não havendo um estádio superior da razão dominante em relação à emoção, mas sim um eixo intelecto-afeto, o que poderá vir a revolucionar as visões atuais sobre o papel que a motivação pode ter, ou tem, na aprendizagem.

Enquadrada em muitos destes contributos, tem vindo a desenvolver-se uma visão da educação em ciência como um ensino por pesquisa/investigação (*sensu* Cachapuz et al., 2002), ou como uma pedagogia de projeto (Boutinet, 1990), que recorre ao pluralismo metodológico, parte de problemáticas abertas, transdisciplinares e multidimensionais (Morin, 1991) e culturalmente relevantes (situações-problema), com raízes sociais que, pouco a pouco, se vão delimitando e preparando um exercício de pesquisa partilhada (Bybee, 2006; Santos, 2005).

Em consonância com esta nova visão sobre a educação em ciência, recomendações internacionais (ex. CE, 2007; Fensham, 2002; Goodrum et al., 2001; Millar, 2006; Millar & Osborne, 1998; NRC, 2011; OECD, 2003; Osborne & Dillon, 2008; Rutherford & Ahlgren, 1990; Schreiner & SjØberg, 2004) apontam para a necessidade dos professores desenvolverem estratégias de ensino que promovam o pensamento crítico, organizarem ambientes de aprendizagem desafiantes, tanto em contextos formais como não formais, e fornecerem orientação cuidada aos alunos, de forma a facilitar o desenvolvimento de competências de auto-regulação, quer a nível da resolução de problemas quer a nível da tomada de decisão. Neste tipo de atividades, que se assumem como sendo multidisciplinares e multicausais, a interpretação dos dados leva a uma decisão, o trabalho é baseado na comunidade e na turma, os valores e a ética são enfatizados, as atividades são relacionadas com a realidade e vivências do aluno, os resultados são imprevisíveis e os conceitos científicos são estudados inseridos no contexto da sociedade.

O currículo de ciências tem de ser reinventado de forma a harmonizar-se com as novas práticas da ciência e da tecnologia e com a nova era de informação. O que se pretende é um currículo vivido (*sensu* Hurd, 1997), no qual as principais estratégias pedagógicas utilizadas e as competências intelectuais a desenvolver são as que

permitem aos indivíduos fazer face às alterações na ciência, na tecnologia e na sociedade, e às dimensões do bem-estar humano. O que se pretende é um currículo no qual os alunos sintam que estão envolvidos no seu próprio desenvolvimento e reconheçam a pertinência daquilo que aprendem para a sua vida quotidiana, resolvendo problemas, realizando investigações e desenvolvendo projetos. Segundo Hurd (1997) este projeto de desenvolvimento curricular reconhece a socialização da ciência e a sua relevância nos impactes que tem na nossa cultura, na nossa vida e no percurso das sociedades democráticas, assumindo-se um modelo de "ciência como cultura" (*sensu* Godin, 1999).

Enquadrada nesta visão alargada da aprendizagem das ciências, e no quadro dos currículos escolares, tem-se observado a nível europeu a tendência para a adoção de um processo de ensino e aprendizagem assente no desenvolvimento de competências, que procura fomentar algumas mudanças na prática docente. Estas mudanças passam pelo desenvolvimento de abordagens transcurriculares mais envolventes, que enfatizem diferentes literacias, o conhecimento de e sobre ciência e atitudes positivas em relação à ciência, assim como a utilização de situações reais do dia-a-dia, que proporcionem contextos de aprendizagem com significado e relacionados com a realidade social dos alunos (Galvão & Abrantes, 2005; Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2007). Estes aspetos estão bem presentes no currículo Português, tendo mesmo servido de base à reorganização curricular do Ensino Básico ocorrida em 2001/2002 (Galvão, 2001, 2002; Galvão & Abrantes, 2005), no qual se pretende que os alunos compreendam conceitos científicos básicos, desenvolvam competências processuais em ciência, criem ligações significativas entre a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTS-A), desenvolvam uma forte consciência ecológica, atitudes positivas em relação à ciência, e aprofundem a compreensão sobre a natureza da ciência. Pretende-se também que os alunos desenvolvam competências relacionadas com o questionamento, o pensamento crítico, a resolução de problemas e a tomada de decisão (Galvão & Abrantes, 2005).

2.1.2. Perspetivas Atuais da Educação em Ciência

Nas sociedades modernas, sociedades de cultura tecnológica ou de projeto (*sensu* Boutinet, 1990), altamente avançadas do ponto de vista científico e tecnológico, é importante que os cidadãos tenham consciência das potencialidades e limites do conhecimento científico e tecnológico e que sejam capazes de refletir de forma crítica sobre o mundo que os rodeia e de resolver problemas e tomar decisões úteis no seu dia-a-dia (CE, 2007; NRC, 1996; Osborne & Dillon, 2008). Sendo a dimensão científica e tecnológica a característica distintiva das modernas sociedades ocidentais, é necessário, no sentido de apreendermos a nossa cultura e de enriquecer a nossa participação cívica (mesmo que seja no sentido de rejeição), desenvolver uma compreensão acerca da ciência (Cossons, 1993; Duschl, 1990; Osborne, 2010).

A compreensão do empreendimento científico e das suas interações com a tecnologia e a sociedade, é essencial para a cidadania e o exercício da democracia, permitindo a qualquer cidadão tomar parte nas decisões relacionadas com a sociedade em que vive (Millar & Osborne, 1998). Pretende-se que qualquer cidadão seja capaz de compreender, interpretar e atuar na sociedade, ou seja, de participar ativamente e de forma responsável sobre os problemas do mundo, acreditando que é possível mudar a sociedade em que vive (Acevedo-Díaz, 2004; Díaz, 2002). Assim, tornaram-se finalidades centrais dos diversos sistemas educativos a promoção da compreensão da ciência e o desenvolvimento de competências necessárias para a vida do dia-a-dia, assim como o desenvolvimento de um clima de tomada de decisão acerca de questões públicas fundamentada em argumentos (Galvão & Abrantes, 2005; Holbrook & Rannikmae, 2002; OECD, 2003). Esta preocupação vem também expressa na Lei de Bases do Sistema Educativo Português (1986), onde é referido que,

> A educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva. (p. 3068)

Na generalidade dos países, os movimentos de reforma educativa têm convergido no sentido de considerar a literacia científica como um propósito na educação em ciências (e.g. Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Fensham, 2008; Goodrum et al., 2001; Millar & Osborne, 1998; NRC, 2011; OECD, 2003; Millar, 2006; Osborne & Dillon, 2008; Rutherford & Ahlgren, 1990). Em 1990, a UNESCO na Conferência Mundial sobre "Educação para Todos", assinalou que a educação em ciência deverá promover uma comunidade mundial de cidadãos científica e tecnologicamente literatos (UNESCO, 1999).

De acordo com Gee (1996) ser literato implica ser conhecedor e estar familiarizado com o discurso de determinada área do conhecimento. Neste caso, ser conhecedor e estar familiarizado com as palavras, ações, valores e crenças dos cientistas, os seus propósitos comuns, as suas atividades, a forma como atuam, falam e comunicam (Osborne & Henessy, 2003). O conceito de literacia científica, independentemente das inúmeras reformulações que tem sofrido (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Millar, 2006; Norris & Phillips, 2003), é considerado hoje em dia um conceito multidimensional (Bybee, 1997), que envolve não só a compreensão de conceitos científicos chave, como também a compreensão da investigação científica como um empreendimento humano, e como tal, sujeito a avanços e retrocessos, aberto à dúvida e incerteza e inserido numa complexa teia de interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (ex. Bybee, Powell, Ellis, Giese, Parisi & Singleton, 2001; DeBoer, 2000; Duggan & Gott, 2002; Hurd, 1997; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz., 2002; Millar & Osborne, 1998; Ryder, 2001).

De acordo com o "National Research Council" (NRC, 1996): "Literacia científica envolve o conhecimento e a compreensão acerca dos conceitos e dos processos científicos necessários ao indivíduo para a tomada de decisão, para a participação nas questões cívicas e culturais e para a produtividade económica." (p.22). Alargando esta definição à ação, entende-se que a literacia científica aumenta a capacidade de um indivíduo observar os eventos naturais, refletir sobre eles, e compreender as explicações dadas acerca deles (Osborne & Henessy, 2003). Essa perceção e reflexão constituem uma base para o indivíduo poder tomar decisões e agir de acordo com elas (AAAS, 1993; King, 2002).

Para além desta compreensão aprofundada sobre a ciência e o empreendimento científico, o exercício de uma cidadania ativa e realizada implica por parte de todos os cidadãos o desenvolvimento de um conjunto de competências complexas, que se manifestam a diferentes níveis, tais como, competências de comunicação, competências digitais, competências básicas de matemática, ciência e tecnologia, competências sociais e cívicas, sentido de iniciativa e de empreendedorismo, competências de metacognição, e níveis elevados de consciência e expressão cultural (EP&C, 2006; NRC, 1996; Osborne & Dillon, 2008). Diversos grupos de trabalho têm-se debruçado sobre as competências que qualquer cidadão deve atualmente desenvolver no sentido de poder participar ativamente na sociedade em que vive (competências para o século XXI) (EP&C, 2006; Griffin, McGaw & Care, 2012; Levy & Murnane, 2004; NRC, 2010), sendo relativamente consensual a identificação das seguintes competências chave:

- **Adaptabilidade:** Capacidade e vontade de lidar com a incerteza, a novidade e a mudança, incluindo a capacidade de responder a situações de crise e de aprender a lidar com novas tarefas, tecnologias e procedimentos; capacidade de se adaptar a diferentes contextos profissionais, diferentes personalidades, estilos de comunicação, e diferentes culturas (Houston, 2007; Pulakos, Arad, Donovan & Plamondon, 2000).
- **Competências complexas de comunicação:** Capacidade de processar e interpretar informação verbal e não-verbal, de forma a responder adequadamente; um comunicador competente é aquele que é capaz de selecionar aspetos-chave de uma ideia complexa, expressando-a em palavras, sons ou imagens de forma a construir uma compreensão partilhada (Levy & Murnane, 2004).
- **Competências de resolução de problemas não-rotineiros:** Um indivíduo que seja competente a resolver problemas, utiliza o pensamento inteligente (“expert thinking”) para examinar um leque alargado de informação, reconhece padrões, e seleciona a informação para chegar ao diagnóstico do problema; para além do diagnóstico, a resolução do problema requer o conhecimento de como a informação está conceptualmente ligada e envolve

competências de metacognição, isto é, a habilidade de refletir sobre se determinada estratégia de resolução do problema está ou não a funcionar, e alterá-la de acordo com essa reflexão (Levy & Murnane, 2004); inclui criatividade para criar soluções novas e inovadoras, integrar informação que não parece estar relacionada e percecionar possibilidades que os outros possam não se aperceber (Houston, 2007).

- **Competências de autodesenvolvimento e autogestão:** A habilidade de trabalhar em equipas virtuais (a distância); de trabalhar autonomamente; de se auto-motivar e auto-monitorizar; capacidade e vontade de adquirir novas informações e competências quando necessário (Houston, 2007).
- **Competências de pensamento complexo**: A capacidade de compreender como funciona um determinado sistema (de trabalho, etc.); de que forma uma ação, mudança, ou mau funcionamento de uma parte afeta todo o sistema; adotar uma visão do todo (Houston, 2007); inclui a capacidade de fazer julgamentos, analisar, avaliar e tomar decisões, assim como desenvolver um raciocínio abstrato acerca de como os diferentes elementos de um dado processo interagem (Peterson, Mumford, Borman, Jeanneret & Fleishman, 1999).

A questão que se coloca, e que tem sido alvo de intenso debate, é de que forma a educação em ciência pode contribuir para o desenvolvimento destas competências chave. De que forma a escola pode contribuir para a aplicação de práticas de ensino e aprendizagem em ciências que sejam inovadoras e adequadas às exigências de um programa que promova a compreensão acerca da cultura da ciência e o desenvolvimento da literacia científica dos seus alunos? A visão subjacente a esta ideia de educação em ciência é a de um futuro cidadão não como produtor de conhecimento científico, mas como consumidor crítico de conhecimento científico (Millar, 2006; Osborne, 2010). É este o grande desafio que hoje se oferece à escola.

Compreender a cultura da ciência implica compreender a sua história, a sua ética, os seus argumentos e as suas controvérsias, dando-se um maior peso à dimensão humana da ciência e menos à ideia de ciência como um corpo de conhecimento absoluto

(Millar & Osborne, 1998). Nesse sentido, no ensino das ciências deverá ser dado um forte peso à forma como a ciência funciona (Fuller, 1997; McComas & Olson, 1998; Osborne, Ratcliffe, Collins, Millar & Duschl 2003) o que de acordo com diversos autores (ex. Millar & Osborne, 1998; NRC, 1996), requer a exploração dos seguintes aspetos: maior compreensão acerca dos métodos e processos da ciência; maior consciência acerca do contexto e interesses dos cientistas, das suas práticas sociais; maior capacidade em analisar, ou pelo menos considerar, os riscos e os benefícios associados ao desenvolvimento científico.

O ensino das ciências deverá procurar desenvolver nos alunos a compreensão da ciência como um processo de desenvolvimento humano, ou seja, desenvolver no aluno uma compreensão da natureza da ciência (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Lederman, 2007; Turner, 1927). De acordo com Driver et al. (1996), a compreensão acerca da natureza da ciência pode ajudar os alunos a construir um sentido para a ciência e a lidar com a tecnologia no seu quotidiano, a tomar decisões informadas acerca de questões sócio-científicas, a apreciar o valor da ciência como parte da cultura contemporânea, desenvolvendo uma compreensão aprofundada das normas que regem a comunidade científica e que corporizam os compromissos morais valorizados pela sociedade.

Embora não exista uma definição consensual acerca do constructo "natureza da ciência", existe um acordo generalizado de que este terá de envolver os seguintes aspetos acerca do conhecimento científico: que está sujeito a mudança, se baseia em trabalho empírico (baseado, ou derivado, pelo menos em parte, de observações do mundo natural), e é subjetivo (envolve o conhecimento prévio pessoal, podendo ser enviesado, e deriva da teoria); que envolve necessariamente a inferência humana, a imaginação e a criatividade (envolve a criação de explicações); e que é socialmente e culturalmente enformado (é influenciado pela sociedade/cultura na qual a atividade científica é praticada) (Lederman, 2007). Nesse sentido, deverão ser explorados no currículo de ciências diferentes aspetos relacionados com: os processos de investigação; a relação entre a investigação e a certeza do conhecimento científico; a diversidade do pensamento científico; a importância das hipóteses e da predição; o desenvolvimento histórico do conhecimento científico; a importância da criatividade na ciência; a relação

entre ciência e o questionamento; a análise e interpretação de dados; a importância da cooperação e colaboração no desenvolvimento do conhecimento científico.

De acordo com Graber e Nentwig (1999), numa síntese das recomendações disponíveis para a educação em ciência, um programa de literacia científica envolve um conjunto diversificado de competências, capacidades, atitudes e valores acerca dos produtos e processos atuais da ciência e suas implicações sociais. De acordo com estes autores, este programa deverá abarcar os seguintes domínios: de conteúdo científico (conhecimento declarativo e de processo), epistemológico (compreensão da ciência como abordagem sistemática e particular do mundo), de aprendizagem (capacidade de utilizar diferentes estratégias de aprendizagem e diferentes meios para construir o conhecimentos científico), de raciocínio (capacidade de abstrair e de generalizar, de pensar de forma lógica, de utilizar modelos, de analisar criticamente, de gerar e testar hipóteses), metodológico (competências relativas aos processos científicos), de comunicação (utilização e compreensão da linguagem científica), e ético (conhecimento e reflexão sobre as normas e procedimentos).

Contudo, e paradoxalmente, embora seja reconhecida a importância da educação em ciência no desenvolvimento das competências essenciais ao pleno exercício de uma cidadania ativa e informada nas sociedades modernas, as ciências não parecem ser disciplinas muito populares entre os alunos, especialmente nos países mais desenvolvidos (Osborne & Collins, 2001; Osborne & Dillon, 2008; Schreiner & Sjøberg, 2004), podendo mesmo o seu ensino ter uma influência negativa nas atitudes dos alunos relativamente à atividade científica (Graber & Nentwig, 1999; Osborne et al., 2003). Numa era em que as questões científicas emergem continuamente como dilemas políticos e morais que se colocam à sociedade, o afastamento ou o desencantamento da população em geral, e do público escolar em particular, em relação à ciência poderão estar a aumentar a separação já existente entre ciência e sociedade (Autio, Kaivola & Lavonen, 2007; CE, 2004). Este é um preço que uma sociedade moderna não pode pagar, tanto ao nível do indivíduo, que poderá rejeitar conselhos científicos inequivocamente válidos, como ao nível da sociedade, que poderá impor limitações à investigação científica com resultados potencialmente benéficos para a humanidade. Para além da questão principal, que é a mera rejeição de um corpo de

conhecimentos que representa um dos maiores triunfos culturais das sociedades modernas.

No sentido de contrariar esta tendência, nas duas últimas décadas, têm sido propostas recomendações com o fim de implementar uma reforma no ensino das ciências que é desenvolvido em sala de aula (Fensham, 2008; Goodrum et al., 2001; Millar & Osborne, 1998; NRC, 2011; OECD, 2003; Osborne & Dillon, 2008; Rutherford & Ahlgren, 1990). Esta reforma implica uma mudança no modo de olhar a aprendizagem e a educação em ciência, que passa por uma mudança curricular e de práticas nos diferentes níveis de escolaridade.

Pretende-se que os currículos escolares promovam o desenvolvimento de uma compreensão acerca dos temas maiores da ciência e da forma como estes se inter-relacionam, ou seja, compreender a ciência como um sistema integrado, e não como uma mera miscelânea de factos (Galvão & Abrantes, 2005; Osborne & Dillon, 2008), advogando-se a utilização de temas fundamentais, unificadores e uma maior ênfase na profundidade em detrimento da abrangência, devendo centrar-se nos seguintes objetivos (NRC, 1996; Osborne & Dillon, 2008; Osborne & Henessy, 2003):

- Unificar conceitos e processos da ciência
- Encarar a ciência como uma atividade investigativa
- Compreender a ciência relacionada com o ambiente físico
- Compreender a ciência dos seres vivos
- Compreender a ciência da Terra e do espaço
- Compreender as interações entre ciência e tecnologia
- Compreender a ciência numa perspetiva pessoal e social
- Compreender os aspetos relacionados com a história e a natureza da ciência

Existe, também, uma necessidade urgente de desenvolver um currículo de ciências que dê maior ênfase à relevância da ciência para as questões do dia-a-dia e na sua aplicação para a tecnologia e a sociedade. Segundo diversos autores, é importante a implementação de um ensino contextualizado, que envolva questões reais (Galvão & Abrantes, 2005; Holbrook, 2010; Holbrook & Rannikmae, 2007), ultrapassando a mera

resolução ou compreensão de problemas e/ou questões científicas, e assumindo uma vertente de discussão e tomada de decisão sobre questões sócio-científicas (Holbrook & Rannikmae, 1997; Reis, 2004, 2008; Reis & Galvão, 2004; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005), potenciando assim o reconhecimento de que a literacia científica se relaciona principalmente com o possibilitar qualquer cidadão de participar de forma efetiva na sociedade onde se insere.

Para se atingir estes objetivos, segundo o último relatório do "National Research Council" (NRC, 2011) existem quatro vertentes que será necessário o aluno desenvolver na aprendizagem das ciências:

- Saber usar e interpretar as explicações científicas acerca do mundo natural: envolve a aquisição de factos e de estruturas conceptuais que incorporam esses factos, e a utilização desses conceitos de forma produtiva para a compreensão dos fenómenos naturais; inclui a utilização de conceitos para a construção e melhoramento de explicações, argumentos e modelos acerca de fenómenos particulares.
- Gerar e avaliar evidências e explicações científicas: inclui gerar e avaliar evidências científicas, abrange o conhecimento e as competências necessárias para construir e refinar modelos baseados em evidências; inclui a elaboração e análise de investigações empíricas e a utilização de evidências empíricas para construir e defender argumentos.
- Compreender a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico: centra-se na compreensão dos alunos sobre a ciência como uma forma de adquirir conhecimento; o conhecimento científico é um tipo particular de conhecimento com suas próprias fontes, justificações, e limitações; os alunos que compreendem a natureza do conhecimento científico reconhecem que as previsões e as explicações podem ser revistas com base em novas evidências ou perante o desenvolvimento de um novo modelo.
- Participar de forma produtiva nas práticas e no discurso científico: inclui a compreensão acerca das normas para a participação na ciência, bem como a motivação e atitudes dos alunos em relação à ciência; os alunos que veem a

> ciência como algo valioso e interessante e se veem a si próprios como capazes de aprender ciência tendem a ser aprendentes mais eficazes e pessoas mais participativas na ciência; no entanto para se envolverem de forma produtiva na aprendizagem da ciência, os alunos necessitam de saber participar em discussões científicas, de saber adotar uma postura crítica, respeitando as opiniões contrárias, e demonstrar vontade de levantar questões e de rever as suas próprias opiniões.

De acordo com as recomendações internacionais (Autio et al., 2007; CE, 2004; Osborne & Dillon, 2008; UNESCO, 1999), para que estas quatro vertentes sejam desenvolvidas, deverão ser implementadas estratégias de ensino que promovam um ambiente de aprendizagem motivador e estimulante, potenciador de uma maior autonomia, nomeadamente através de atividades de investigação, de resolução de problemas e de tomada de decisão, que incluam a discussão, argumentação, modelização e representação da informação (Chagas, 1993; Driver et al., 2000; Osborne et al., 2004; Ratcliffe, 1997; Sadler, 2004; Sadler & Zeidler, 2005). O desenvolvimento de atividades desta natureza tem sido apontado como tendo um enorme potencial para aumentar o envolvimento do aluno com a ciência, e proporcionar oportunidades de desenvolvimento e aprendizagem através da integração de diferentes competências (CE, 2007; Duschl & Grandy, 2008; Osborne & Dillon, 2008).

Através de uma abordagem investigativa, aqui entendida como um processo intencional de diagnosticar problemas reais, analisar criticamente experiências, identificar alternativas, planear investigações, comprovar conjeturas, pesquisar informação, construir modelos, debater com colegas e construir argumentos coerentes (Bybee, 2006; Linn, Davis & Bell, 2004; NRC, 2000), os alunos deparam-se com maiores oportunidades para desenvolver competências de tomada de iniciativa, criatividade e inovação. Por outro lado, pela sua natureza multidisciplinar e multicausal, e pelo seu forte enraizamento na realidade e vivências dos alunos e no contexto social, as atividades desta natureza enfatizam os valores e a ética e o trabalho colaborativo baseado na comunidade e na turma (Dreyfus, 1993; Duschl & Grandy, 2008). De acordo com Cachapuz, Praia e Jorge (2000), são atividades que proporcionam uma

melhor compreensão dos conhecimentos científicos, desenvolve o espírito de cooperação e as competências associadas ao trabalho de grupo, estimula a abertura a novas ideias e a ponderação e aceitação de alternativas e ajuda a criar visões e atitudes positivas em relação à ciência. Para além disso, envolve os alunos em atividades de pensar, criar, prever, imaginar, fazer, compartilhar, descobrir, comunicar e discutir, desenvolvendo-se simultaneamente a criatividade, o pensamento crítico e atitudes de interesse e motivação pela aprendizagem das ciências.

Finalmente, devido à natureza das suas práticas, este tipo de atividades tende a encorajar as relações entre diferentes instituições de educação formal (escola) e não-formal (museus e centros de ciência), criando oportunidades para o envolvimento de diferentes intervenientes na educação em ciência, o que vem ao encontro do que tem sido advogado por diversos autores (ex. King & Glackin, 2010; NRC, 1996; Wellington, 1998), segundo os quais o programa escolar tem de se estender para além dos muros da escola, abarcando os recursos da comunidade (Cachapuz et al., 2002; Freitas & Martins, 2005; NRC, 1996).

Diversos autores têm apontado o potencial papel a desempenhar pelos museus e centros de ciência, no sentido de poderem contribuir para a compreensão da ciência e encorajar os alunos a manterem e aprofundarem o seu interesse pela ciência fora da escola, considerando que a aprendizagem "deriva de experiências sobre o mundo real, que estejam integradas em contextos físicos e sociais adequados" (Dierking, Falk, Rennie, Anderson & Ellenbogen 2003, p. 109). Quando os alunos podem manipular objetos reais e únicos, artefactos ou organismos, de coleções de museus ou de habitats não familiares, desenvolvem por um lado, novas capacidades de observação e categorização e, por outro, uma maior compreensão acerca da forma como o conhecimento e a cultura científica se desenvolvem (King & Glackin, 2010; Leinhardt & Crowley, 2002). Segundo Gago (2003),

> Muito mais importante do que divulgar as descobertas da ciência, é essencial fazer partilhar a sua atitude interrogativa e crítica perante o real, e que a observação e a tentativa de explicar os fenómenos, se feita por cada um de nós, pode ser ajudada e estimulada no quadro da visita a um centro de ciência. (p. 576).

2.2. Museus e Centros de Ciência: Contributos para a Educação em Ciência

Neste subcapítulo é apresentada uma revisão da investigação realizada no âmbito das visitas escolares aos museus e centros de ciência, nomeadamente acerca das suas potencialidades em termos de aprendizagem. Com esse objetivo, é apresentada uma breve perspetiva histórica do papel que estas instituições têm assumido na promoção de uma cultura científica. É também efetuada a caracterização dos contextos de aprendizagem típicos dos museus e centros de ciência, são apresentados e discutidos os principais modelos atualmente aceites sobre os principais fatores que poderão condicionar a aprendizagens nestas instituições, e são analisadas de forma crítica, as evidências provenientes da investigação acerca dos potenciais impactes na aprendizagem das visitas de estudo aos museus e centros de ciência. Finamente, são apresentadas as principais recomendações, resultantes da investigação, no sentido de assegurar um maior impacte em termos de aprendizagem das ciências nas visitas de estudo aos museus e centros de ciência.

2.2.1. Museus de Ciência e Centros de Ciência

No séc. XX, a ciência e as suas aplicações tecnológicas passaram a ter um enorme impacte no quotidiano das sociedades. Não só através de uma melhoria significativa na qualidade de vida das populações, nomeadamente pela produção massificada de bens de consumo, pelos inúmeros avanços na área da saúde com forte impacte na esperança e qualidade de vida, e pelo avanço tecnológico nos meios de transporte que permitiu uma mobilidade extrema de pessoas e mercadorias, mas também através de fortes impactes negativos, nomeadamente causados pelos avanços na tecnologia militar, com poder destrutivo crescente, e pelas consequências ambientais e para a saúde humana do desenvolvimento tecnológico (Delicado, 2009; Hurd, 1997).

Na segunda metade do séc. XX, assistiu-se em diversos países a um crescente interesse pela relação entre a ciência e o público, havendo um forte investimento por parte do estado na cultura científica. Neste período surgiram os indicadores de “literacia

científica" (criados pelo "National Science Board"), que apontaram para níveis de literacia muito baixos no público leigo (Autio et al. 2007; CE, 2004; Graber & Nentwig, 1999; Gregory & Miller, 1998; Millar, Osborne & Nott, 1998). Aparentemente, a crescente complexidade da ciência contemporânea tem dificultado a sua compreensão pelo público em geral, e a própria comunicação pelos cientistas (Delicado, 2009; Durant, 1996; Macdonald, 2002), surgindo assim o paradoxo de uma sociedade cada vez mais baseada na ciência e na tecnologia mas onde o desconhecimento sobre elas é generalizado, e onde uma elevada percentagem de cidadãos se consideram mal informados e desinteressados sobre a ciência, com baixa confiança nos cientistas e indiferença pelas carreiras científicas.

Como já foi acima referido, atualmente considera-se que os cidadãos necessitam de deter conhecimentos científicos básicos tanto para a sua vida quotidiana, como para a sua participação política. Nas últimas décadas o discurso justificativo da promoção da cultura científica tende a centrar-se principalmente na dimensão de cidadania:

> A cidadania democrática numa sociedade moderna depende, entre outras coisas, da capacidade dos cidadãos compreenderem, criticarem e usarem ideias e postulados científicos (…) as aplicações da ciência levantam questões éticas e sociais com que o governo e a indústria têm de lidar de formas que assegurem a confiança pública. (House of Lords, 2000).

Enquadrados neste panorama, de fraco nível de literacia científica por parte das populações e de elevado desinteresse e desconhecimento generalizado pela ciência, os museus e centros de ciência foram-se assumindo como um dos principais instrumentos das políticas de promoção da cultura científica (Chagas, 1993; Delicado, 2006, 2009). Interesses sociais, políticos, económicos e educacionais, trouxeram maior visibilidade à função destas instituições, como meios de promoção e divulgação da ciência e do conhecimento científico, tendo o seu número registado um enorme crescimento tanto nos países desenvolvidos, como em alguns países em desenvolvimento.

A musealização de determinado tema é indicativa do valor social atribuído a esse tema (Delicado, 2009). De acordo com Pearce (1992), os museus incorporam e moldam as perceções públicas do que é importante e valioso em cada período da nossa história. Assim, o facto de existirem museus sobre a ciência e a tecnologia, sugere a sua

elevada importância na atualidade, formando expressões distintas de cultura dentro das nossas sociedades (Butler, 1992). Por outro lado, os museus são uma das faces públicas da ciência, refletindo o funcionamento do campo científico, os processos de construção do conhecimento, a validação e a transmissão de informação, construindo e difundindo assim uma determinada representação da ciência, dos cientistas e do conhecimento e práticas científicas, que se pretende que tenha efeitos sobre o público (Delicado, 2009; Janousek, 2000).

No decorrer do século XX, foram-se abrindo novas perspetivas na filosofia museológica. Foram sendo equacionados novos problemas, levantadas novas questões, e propostas novas orientações na sua função social e educativa, verificando-se a necessidade de que estas instituições correspondam aos desafios da contemporaneidade (Caamaño, 2000; Cuesta, Pilar, Echeverria, Morentin & Pérez, 2000; Watermeyer, 2012).

No início do séc. XX, os museus de ciência (derivados dos "gabinetes de curiosidades" do período anterior), apresentavam exposições contemplativas, que ilustravam sobretudo a evolução histórica da ciência e que "pretendiam meramente apresentar o valor intrínseco dos objetos, desprovido de qualquer contexto de utilidade ou importância na história da ciência e tecnologia" (Gil, 1993, p. 79). Estes museus (museus de primeira geração) apresentavam uma visão otimista do progresso e do desenvolvimento da sociedade industrial, uma narrativa de evolução linear, harmoniosa e a-problemática do desenvolvimento científico, ignorando a dimensão social e humana da ciência e da tecnologia (ver Delicado, 2009 para uma revisão sobre esta temática).

É apenas a partir dos anos 60-70 (Delicado, 2009; Gil, 1998; McManus, 1992) que os museus de ciência alteraram o seu propósito, deixando de estar apenas focados nas coleções, investigação e transmissão de informação de forma autoritária, tendo reformulado as suas exposições de forma a promover e melhorar a comunicação com o visitante. Estes museus, museus de segunda geração, surgem num contexto de forte investimento a nível internacional na promoção da cultura científica, ou seja na aproximação entre a ciência e o público em geral. Estes museus, nos quais se incluem os centros de ciência, apresentaram como principal objetivo a promoção de um deslumbramento com a ciência e o treino em capacidades e competências processuais,

onde os visitantes tocam e interagem com as peças expostas ("hands-on"). Os dispositivos manipuláveis destinam-se a simular fenómenos físicos e naturais ou a esclarecer princípios, conceitos ou teorias científicas, pretendendo constituir um simulacro do processo de investigação científica (promovem perguntas cuja resposta se poderá obter pela observação), sendo simultaneamente mais apelativos para o visitante (Delicado, 2009; Janousek, 2000). Em Portugal, estas novas ideologias também se vieram a refletir na formação de Centros de Ciência e Tecnologia, tendo sido criada, com início em 1996, uma rede de "Centros de Ciência Viva", entendidos como espaços interativos de divulgação científica e tecnológica, distribuídos por todo o território nacional.

Contudo, estes modelos mais tradicionais dos centros de ciência começaram a ser questionados, pelo facto de se centrarem excessivamente no lazer e diversão, fragmentando e descontextualizando os princípios científicos e a tecnologia. Os dispositivos "hands-on" não são necessariamente "minds-on", isto é, são manipuláveis mas não são interativos, no sentido de permitirem uma multiplicidade de opções e haver comunicação bidirecional, que convida a uma continuação da interação (Delicado, 2009; Eschach, 2007; McLean, 1993). Em resposta a estas questões, começaram a surgir mais recentemente, os museus de terceira geração, nos quais as exposições deixaram de estar centradas nos objetos passando a centrar-se nas ideias (nos conceitos). Estes museus (ex. Newmetropolis, Amesterdão) procuram um novo modelo de exposição, procurando enfatizar a função de fórum de debate da ciência e da tecnologia e dedicando maior atenção à investigação contemporânea (Watermeyer, 2012).

Segundo McNamus (1992), nestes museus de terceira geração podem coexistir dois tipos de exposições: exposições temáticas, baseadas em conceitos globalizantes (como o espaço, a evolução, a saúde), mais comuns em museus de ciência, e exposições de alguma forma descontextualizadas, formadas por um conjunto de módulos interativos, mais comuns em centros de ciência, diluindo-se a fronteira entre os dois tipos de instituição anteriormente referidos, museus e centros de ciência. Assiste-se assim a uma "mudança paradigmática" associada aos museus e centros de ciência: uma crescente conjugação de objetos históricos com dispositivos interativos, multimédia e multisensoriais nas exposições, a diversificação das atividades desenvolvidas, a adoção

de um ou vários temas unificadores, a intensificação das ligações à comunidade envolvente, e uma preocupação com a apresentação da ciência contemporânea e dos contextos sociais, culturais e políticos, dos riscos e benefícios das aplicações tecnológicas, do elemento humano como criador e utilizador de ciência, e dos assuntos mais atuais e controversos (Gil, 1998; Pedretti, 2002; Thomas & Caulton, 1995; Watermeyer, 2012). De acordo com Watermeyer (2012), no "centro da mudança paradigmática" destes museus contemporâneos está o processo de investir a ciência com toda a sua tradição social e cultural e o de tornar visível o seu legado cultural.

2.2.2. Potencial Educativo das Visitas de Estudo aos Museus e Centros de Ciência

A partir de década de sessenta a investigação educacional nos museus e centros de ciência assume grande relevância (Chagas, 1993). De acordo com Griffin (1998) ocorreu uma mudança na natureza da investigação acerca da aprendizagem realizada nos museus da década de 60/70 para a década de 90. Os primeiros estudos acerca do possível impacte educativo das visitas de estudo aos museus eram largamente direcionados para o domínio cognitivo, e em muito menor extensão para o domínio afetivo. A maioria dos estudos era de natureza quantitativa, utilizando-se designs quasi-experimentais (ex. Gennaro, 1981; Gottfried, 1980; Van Rennes, 1978; Wrigth, 1980). Mais recentemente surgiram estudos de natureza qualitativa, com designs naturalistas, mais focalizados nas interações dos alunos entre si e com os professores, para além das interações com os objetos expostos, dando-se grande ênfase ao domínio afetivo (ex. Beiers & McRobbie, 1992; Griffin, 2004).

Embora alguns destes estudos considerem que não ocorre qualquer tipo de ganho por parte dos estudantes com estas visitas, pelo menos da forma como elas são normalmente efetuadas (ex. Borun & Flexer, 1983; Kubota & Olstad, 1991; Symington, Boundy, Radford & Taylor, 1986), a maioria dos estudos têm reportado a existência de um ganho mais ou menos evidente, seja do ponto de vista cognitivo (ex. Afonso & Gilbert, 2007; Ayres & Melear, 1998; Botelho & Morais, 2003, 2004; Freitas & Martins, 2005; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Holmes, 2011; Ramey-Gassert et al., 1994;

Rennie, 1994; Rennie & McClafferty, 1996; Wolins, Jensen & Ulzheimer 1992; Wrigth, 1980), seja do ponto de vista afetivo, no sentido de o alunos desenvolverem atitudes positivas em relação às temáticas em estudo ou à ciência em geral (ex. Falk, 1983a; Jarvis & Pell, 2002, 2005; Pedretti, 2002; Ramey-Gassert et al., 1994; Symington et al., 1986).

Do ponto de vista afetivo, alguns estudos têm demonstrado que as visitas de estudo aos museus podem gerar um sentimento de prazer, interesse, entusiasmo, motivação e vontade de aprender que parece bastante negligenciado no contexto clássico de aprendizagem na escola (Pedretti, 2002; Ramey-Gassert et al., 1994), podendo assim desempenhar uma função importante na promoção de atitudes positivas pela ciência. De acordo com Eshach (2007) as aprendizagens nestes contextos só poderão ser consideradas como tendo sucesso se tiverem de facto algum impacte neste domínio (domínio afetivo), promovendo uma melhoria nas atitudes positivas dos alunos perante a ciência, e despertando-lhes a vontade em saber mais acerca da ciência. Este aspeto é tanto mais importante, quanto vários estudos têm salientado que a imagem que as crianças fazem dos cientistas e da ciência nos primeiros anos de escolaridade pode ser crucial para a forma como irão ver a ciência enquanto adultos e na escolha de carreiras científicas (ex. Blatchford, 1992; Hodson & Freeman, 1983; Musgrove & Batcock, 1969), ou mesmo na forma como se irão envolver com o ensino das ciências, mostrando uma maior vontade em participar nas atividades propostas em sala de aula (Germann, 1988).

Alguns estudos têm vindo a apontar a ocorrência de uma mudança positiva na atitude de crianças em relação à ciência, mudança essa que poderá persistir a médio ou longo prazo (ex. Jarvis & Pell, 2002, 2005; Mackenzie & White, 1982; Pell & Jarvis, 2001; Piscitelli & Anderson, 2001). Jarvis e Pell (Jarvis & Pell, 2002, 2005; Pell & Jarvis, 2001) monitorizaram a atitude em relação à ciência em geral, e ao espaço em particular, de 950 crianças, entre 10 e 11 anos, após a visita a um centro de simulação espacial (Challenger), através de 5 escalas de atitude (atitude perante a ciência, ciência num contexto social, ciência espacial, interação do grupo, e autoestima), aplicadas antes, logo após e 2-5 meses após a visita. Imediatamente após a experiência de simulação, a maioria das crianças apresentaram atitudes mais positivas relativamente à

ciência e ao espaço, maior entusiasmo e uma maior compreensão acerca do valor da ciência para a sociedade comparativamente ao demonstrado antes da visita. Estas alterações mantiveram-se durante todo o período em que durou o estudo (até cinco meses após a visita).

No que diz respeito ao domínio cognitivo, alguns estudos têm apontado a existência de um ganho muito marcado com as visitas de estudo (ex. Ayres & Melear, 1998; Ramey-Gassert et al., 1994), ganho esse que persiste ao longo do tempo (Rennie, 1994; Wolins et al., 1992). Segundo Eshach (2007), estudos realizados no centro de ciência de Singapura (Lam-Kan, 1985) demonstram que os alunos que visitaram o centro apresentaram uma maior compreensão acerca dos conceitos científicos explorados na exposição do que os alunos que não tiveram essa experiência. Num estudo desenvolvido pelo Instituto "Franklin Science Museum" (*Please Touch Museum* [PTM], 1998) foram aplicados testes pré e pós-visita sobre conteúdos científicos a crianças do 3º ciclo de escolaridade, tendo-se observado um aumento apreciável no desempenho das crianças nos resultados do teste pós-visita. Segundo alguns autores, as visitas escolares podem ser importantes na promoção de uma maior aprendizagem das ciências, pelo facto de lhes proporcionar experiências autênticas (Pedretti, 1997), e de lhes proporcionar o contacto directo com objectos reais, estimulando a sua curiosidade e interesse no tópico (ex. Falk et al., 1986; Meredith, Fortner & Mullins, 1997; Pedretti, 1997).

Diversos autores têm salientado, no entanto, a importância de integrar a visita ao museu de ciência no trabalho realizado na escola, de forma a maximizar os ganhos cognitivos dos alunos (ex. Freitas & Martins, 2005; Gennaro, 1981; Griffin, 1999; King, 1982; Priest & Gilbert, 1993, 1994). Priest e Gilbert (1993, 1994) descreveram um trabalho colaborativo entre professores e educadores de um museu de ciência, no qual foram desenvolvidas atividades relacionadas com o trabalho desenvolvido na escola, tendo verificado que os alunos desenvolviam de facto novas aprendizagens, relacionando as experiências vividas durante a visita com o conhecimento adquirido na escola.

A investigação acerca do impacte das visitas de estudo aos museus e centros de ciência revela que a maneira como os diferentes atores interpretam as visitas de estudo

tem impacte na forma como as experimentam e vivem e consequentemente na aprendizagem dos alunos. Esta investigação pode ser dividida em três grandes áreas, segundo a perspetiva dos diferentes atores intervenientes neste processo, e nos quais a investigação se centra: perspetiva dos professores, perspetiva dos alunos e perspetiva dos educadores dos museus.

Perspetiva dos Professores

Alguns estudos têm-se centrado na investigação acerca dos objetivos que os professores apresentam para a realização de visitas de estudo aos museus e centros de ciência (ex. Cruz, 2004; Gottfried, 1980; Kisiel, 2005; Lucas, 2000; Oliveira, 2008; Ribeiro, 2005; Storksdieck, 2001; Tal, Bamberger & Morag, 2005; Varela, 2009). Nalguns destes estudos, verificou-se que os professores consideram como principais objetivos para uma visita de estudo aos museus, fatores como o enriquecimento pessoal e as interações sociais que surgem no decorrer das mesmas (ex. Gottfried, 1980). Kisiel (2005) realizou um estudo alargado com o objetivo de conhecer a agenda de aprendizagem dos professores quando efetuam uma visita de estudo a um museu de ciência. O autor identificou oito motivações diferentes (algumas das quais também identificadas por outros autores, ex. Gottfried, 1980; Lucas, 2000; Storksdieck, 2001), que se podem sobrepor num mesmo professor:

- Fomentar a interligação com o currículo escolar: Os professores encaram as visitas de estudo como uma oportunidade de reforçar e expandir o currículo trabalhado em sala de aula, proporcionando aos alunos uma perspetiva adicional, ou um maior significado às aprendizagens realizadas em sala de aula. Além disso acreditam que o aluno pode adquirir novo conhecimento científico, relacionado ou não com o currículo.
- Criar novas experiências educativas: Os professores entendem as visitas de estudo como uma oportunidade de proporcionar experiências de aprendizagem totalmente novas, e de grande riqueza, acreditando que têm impacte no desenvolvimento do aluno e na sua aprendizagem futura.

- Proporcionar uma experiência de aprendizagem geral que seja memorável: Os professores concebem as visitas de estudo como uma oportunidade de proporcionar uma experiência inesquecível e portanto potenciadora de novas sensações.
- Promover o interesse e a motivação dos alunos: Os professores entendem as visitas de estudo como eventos capazes de despertar o interesse relativamente a certos tópicos ou conceitos, e portanto promover a curiosidade, motivação e a vontade de aprender mais.
- Proporcionar uma quebra na rotina: Os professores encaram as visitas de estudos como uma oportunidade de sair da escola e quebrar a rotina de trabalho.
- Promover a aprendizagem ao longo da vida: Os professores consideram que as visitas de estudo podem revelar aos alunos que a aprendizagem é possível para além da escola, entre amigos e família.
- Promover o prazer e a recompensa: Os professores reconhecem que as visitas de estudo devem ser uma experiência positiva, que proporcione prazer aos alunos.
- Satisfazer os requisitos da escola: É esperado que os professores conduzam visitas de estudo (pressões da escola ou dos colegas).

De acordo com diferentes estudos (ex. Anderson & Zhang, 2003; Kisiel, 2005) o objetivo mais vezes referido pelos professores para a realização de uma visita de estudo ao museu é a ligação ao currículo. No entanto, segundo Kisiel (2005), os professores apresentam diferentes visões acerca da natureza dessa ligação, tendo sido identificadas as seguintes visões acerca dessa ligação:

- Experiências relacionadas com o currículo, ou seja, os alunos experienciam atividades práticas relacionados com o currículo.
- Aprendizagens relacionadas com o currículo, ou seja, os alunos adquirem conhecimentos acerca de determinados conteúdos relacionados com o currículo.

- Desenvolvimento de competências linguísticas, i.e. os alunos utilizam competências de linguagem num contexto real e interessante.
- Ligações pontuais, ou seja, os alunos são orientados a analisar como é que diferentes aspetos do museu se relacionam com o currículo.
- Integração de unidades curriculares, i.e. a experiência do museu faz parte integrante de um tópico particular que está a ser estudado e as experiências no museu estão diretamente relacionadas com as atividades ou projetos que estejam a decorrer.
- Introdução ou síntese de uma temática, ou seja, a visita constitui-se como uma forma de introduzir os alunos numa dada temática que irão estudar, ou de finalizar uma dada temática curricular.
- Ligações oportunistas/implícitas, i.e. os estudantes naturalmente relacionam as suas vivências no museu às vivências de sala de aula.

Perspetiva dos Alunos

Há poucos estudos centrados na voz dos alunos, tendo estes na sua maioria revelado que os alunos encaram as visitas de estudo aos museus de ciência como uma forma diferente e divertida de aprender (ex. Falk & Dierking, 2000; Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997; Lucas, 2000; Paris, 1997; Piscitelli & Anderson, 2001; Ribeiro, 2005; Varela, 2009). Lucas (2000) questionou os alunos acerca da sua opinião relativamente ao que poderia ser o objetivo de uma visita de estudo ao museu, tendo obtido respostas a três níveis, mas todos eles relacionados com a aprendizagem: tornar a aprendizagem divertida; tornar a aprendizagem mais prática; aprender de formas diferentes.

Alguns estudos têm vindo a demonstrar que os alunos dão importância ao facto de no museu poderem ter a possibilidade de escolha e de ter algum controlo na sua própria aprendizagem, assim como ao facto de poderem socializar com os colegas (ex. Falk & Dierking, 2000; Griffin & Symington, 1997; Paris, 1997). Alguns autores (Griffin, 1998, 2004; Piscitelli & Anderson, 2001) têm mesmo demonstrado a importância de proporcionar um ambiente de livre escolha nas atividades a desenvolver

pelos alunos nos museus, para que estes os considerem locais que proporcionam aprendizagens novas e estimulantes.

Perspetiva dos Educadores dos Museus

São também poucos os estudos em que se analisa a perspetiva dos educadores dos museus relativamente às visitas escolares. Na sua maioria, estes estudos têm revelado que estes profissionais acreditam que a ida ao museu ou centro de ciência se constitui como uma atividade de elevado potencial educativo (ex. Davidsson & Jakobsson, 2009; Griffin, 2004; Rennie & Williams, 2002; Tran 2006). Rennie e Williams (2002) entrevistaram 28 profissionais relacionados com um centro de ciência (administradores, educadores, responsáveis pelas exposições), no sentido de compreender: que imagem de ciência pensam que o centro de ciência transmite; de que forma é que o centro transmite essa ideia; e se consideram que o centro tem sucesso nessa transmissão. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Cerca de metade dos entrevistados consideraram que a função do centro é a de mostrar a ciência e as suas aplicações, tendo como objetivo desenvolver no visitante uma maior consciência acerca do desenvolvimento humano, a história da ciência, e a sua função nas sociedades modernas.
- Dois terços dos entrevistados referiram que parte das funções do centro é a de influenciar a imagem que os visitantes têm acerca da ciência; esperam que os visitantes saiam do centro com uma visão mais positiva da ciência e que acreditem que a ciência pode ser divertida, interessante, fácil de entender e que pode beneficiar os seres humanos na sua vida do dia-a-dia.
- Mais de metade dos entrevistados mencionou que o centro deve proporcionar ao visitante a oportunidade de adquirir mais conhecimento científico, particularmente através das exposições interativas. Alguns dos entrevistados mencionaram que é importante reconhecer que as pessoas adquirem diferentes compreensões acerca das exposições e que a aprendizagem pode não ocorrer imediatamente, mas apenas expressar-se mais tarde.

– A maioria dos entrevistados considerou que o centro tem algum sucesso na sua missão.

O que decorre de todas estas perspetivas (de professores, alunos e educadores), embora diferentes, é a crença no elevado potencial das visitas de estudo aos museus e centros de ciência. No entanto, e de acordo com Eshach (2007), parece haver um desfasamento entre a crença no elevado potencial das visitas de estudo (ou pelo menos a sensação acerca desse potencial) e os resultados da investigação que tem demonstrado que esse potencial não é totalmente atingido, revelando que as visitas de estudo não parecem tirar o proveito máximo destes ambientes de aprendizagem (ex. Cox-Petersen et al., 2003; Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997; Kisiel, 2003; Tal & Morag, 2007; Tal et al., 2005). De facto, embora na maioria dos casos as visitas escolares pareçam proporcionar uma experiência satisfatória para professores e alunos, são na maioria dos casos inconsistentes com as recomendações provenientes da literatura relacionada não só com a aprendizagem em museus, como com a educação em ciência.

2.2.3. Natureza da Aprendizagem nos Museus e Centros de Ciência

Nos últimos anos foram desenvolvidos alguns modelos com a finalidade de explicar e identificar quais os principais fatores que condicionam a aprendizagem realizada nos museus, tendo como alicerce geral uma visão sócio-construtivista da aprendizagem, (Anderson, Lucas & Ginns, 2003; Bell, Lewenstein, Shouse & Feder, 2009; Falk, 2004; Gilbert & Priest, 1997; Ramey-Gassert et al., 1994; Rennie & Johnston, 2004), nomeadamente: o "Modelo de aprendizagem contextual" (Falk & Dierking, 2000); o "Modelo ecológico para a aprendizagem" (Bell et al., 2009); e o "Modelo dos três fatores" (mais direcionado para a aprendizagem que se realiza no decorrer das visitas escolares) (Orion & Hofstein, 1994).

Nos dois primeiros modelos, o "modelo de aprendizagem contextual" e o "modelo ecológico para a aprendizagem", os fatores identificados como sendo condicionantes da aprendizagem neste tipo de ambiente emergem de três contextos:

contexto pessoal, contexto físico ou espacial (consoante o modelo considerado) e contexto social ou cultural (consoante o modelo considerado).

No contexto pessoal, e tendo como base alguns pressupostos essenciais para a compreensão da aprendizagem, nomeadamente que (i) a aprendizagem decorre a partir de elos motivacionais e emocionais adequados; (ii) a aprendizagem é facilitada pelo interesse pessoal; (iii) o novo conhecimento é construído a partir de conhecimento e experiências prévias; (iv) a aprendizagem desenvolve-se em contextos que tenham significado para o aprendente, Falk e Dierking (2000) consideraram a existência de três fatores chave: a motivação e expectativas do aprendente, o conhecimento prévio, interesses e crenças acerca das exposições e a possibilidade de escolher e controlar a sua própria agenda de aprendizagem. Os museus, pelo facto de proporcionarem ambientes ricos e estimulantes, podem constituir-se como ambientes de aprendizagem divertidos, proporcionando assim alguns elos motivacionais e emocionais que poderão funcionar como um despoletador de um maior envolvimento do visitante com as atividades e exposições.

Em relação ao contexto físico ou espacial, a assunção é a de que qualquer aprendizagem decorre sempre através de um "diálogo" entre o aprendente e o ambiente onde este se encontra (Eschach, 2007), pelo que o contexto físico terá sempre impacte nessa aprendizagem, facilitando ou dificultando esse "diálogo". No caso dos museus, de acordo com Falk e Dierking (2000), existem três fatores chave condicionantes da aprendizagem: a existência de organizadores conceptuais e de orientação das exposições, o design das próprias exposições, e o reforço das experiências ocorridas durante a visita, fora do ambiente do museu. Todos estes fatores irão afetar a qualidade das experiências proporcionadas e consequentemente o nível de envolvimento e as aprendizagens realizadas (Braund & Reiss, 2004).

Finalmente, no que diz respeito ao contexto social ou cultural, e com base no pressuposto de que a aprendizagem é um "processo cultural" (Bell et al., 2009), isto é, a forma como agimos e reagimos perante diferentes situações de aprendizagem é um produto da nossa cultura e das interações que estabelecemos com os outros (Braund & Reiss, 2004), de acordo com Falk e Dierking (2000), são de considerar os seguintes fatores chave condicionantes da aprendizagem: a mediação facilitada pelos outros

elementos presentes no local, e a mediação dentro do grupo. De acordo com alguns autores (Kozulin, 2003; Wertsch, 1991) é necessário ainda considerar a importância das interações entre os indivíduos e os objetos expostos neste processo individual de construção de significado.

No caso do "modelo dos três fatores" (Orion & Hofstein, 1994), os fatores identificados como condicionantes da aprendizagem emergem de contextos muito semelhantes, embora adaptados ao contexto escolar: contexto pessoal (características do aluno e da turma onde se insere), contexto espacial (características do local e das exposições) e contexto instrucional (características do professor e do contexto de aprendizagem). Neste modelo, tal como nos modelos anteriores, no contexto pessoal estão incluídos fatores relacionados com o próprio aluno, nomeadamente os conhecimentos prévios que detém, as experiências prévias que teve noutras visitas de estudo, a familiaridade com o museu, as características da turma onde se insere (nível de escolaridade, tamanho da turma), e, no contexto espacial, estão incluídos fatores relacionados com as características do museu e das exposições propriamente ditas. No entanto, este modelo não considera a importância do contexto social ou cultural, considerando um novo contexto, instrucional, relacionado com as características do professor e do contexto de aprendizagem, tais como a inserção da visita no currículo trabalhado em sala de aula e as estratégias utilizadas pelo professor, antes, durante e após a visita.

Eshach (2007) propõe uma nova organização, com a qual nos identificamos neste trabalho, na qual sejam considerados os quatro contextos referidos, pessoal, espacial, social e instrucional aquando da análise da aprendizagem relacionada com as visitas escolares. Cada um destes quatro contextos inclui fatores que atuam ao nível do domínio cognitivo e do domínio afetivo do aluno e que afetam a sua aprendizagem.

Assim, do contexto pessoal emergem aspetos relacionados com o conhecimento prévio do aluno (domínio cognitivo) e com a sua agenda pessoal para a visita, a sua atitude perante a ciência e a sua autoconfiança (domínio afetivo). O contexto espacial inclui as características do museu, mas também das próprias exposições, nomeadamente a disposição dos materiais, as cores, a facilidade de manipulação, entre outros aspetos, que interferem com ambos os domínios: cognitivo, no sentido de facilitar ou não a

compreensão das ideias e conceitos representados, e afetivo, no sentido de serem ou não apelativas e despertarem curiosidade. Do contexto social emergem as interações interpessoais importantes para a aprendizagem (domínio cognitivo), assim como a influência dos outros intervenientes (colegas, professores, familiares, educadores e monitores do museu) no despertar do interesse e na promoção do envolvimento com a exposição (domínio afetivo). Finalmente, o contexto instrucional inclui a forma como as visitas são organizadas e desenvolvidas, podendo servir de mediador a uma maior compreensão dos fenómenos e conceitos em estudo (domínio cognitivo), e como é realizada a preparação emocional dos alunos para a visita (domínio afetivo). Segundo Eshach (2007), todos estes fatores atuam de forma integrada, influenciando a aprendizagem realizada durante as visitas de estudo a um museu.

De acordo com Falk (2004), nenhum destes fatores deve ser considerado em separado atendendo a que apesar de todos eles serem importantes para explicar a aprendizagem que pode ocorrer num museu, nenhum deles é capaz, só por si, de a explicar adequadamente. Provavelmente, diferentes grupos de fatores poderão afetar de forma significativa diferentes grupos de visitantes. Bell et al. (2009) atribuíram o termo "ecológico" ao modelo de aprendizagem (Modelo ecológico para a aprendizagem), exatamente porque consideram que é a interação de todos os contextos em jogo que pode servir de suporte à aprendizagem nestes locais.

Este novo entendimento sobre o que poderá influenciar a aprendizagem nos museus e a conceção sócio-construtivista da aprendizagem, afetaram o modo de encarar os museus, tendo determinado a emergência da 3ª geração de museus. A visão de que a aprendizagem nos museus representa "encontrar um sentido" por parte dos visitantes, em que este sentido é mediado não apenas pelos objetos expostos e a forma como estes são apresentados (exposições), mas também pela cultura, experiências e conhecimentos pessoais prévios dos visitantes e pelas condições em que decorre a visita, é atualmente reconhecida como a principal "pedra-de-toque" na educação nos museus (Greco, 2007; Hein, 2006; Hooper-Greenhill, 1999; Silverman, 1995). Redefine-se assim a educação nos museus como uma "experiência com significado", tendo como principal intenção facilitar a possibilidade dos visitantes construírem os seus significados pessoais (do que observam, sentem, experimentam, conversam acerca).

De acordo com Doering e Pekarik (1996) todos os visitantes entram no museu com uma "narrativa própria" que apresenta três componentes distintos: um suporte concetual e base, que define a forma como cada indivíduo constrói o seu conhecimento do mundo; a informação que já trás acerca daquilo que vai ver, organizada de acordo com essa base concetual; experiências, memórias e emoções pessoais que suportam e validam essa compreensão pessoal. Quando o visitante se depara com as exposições vai necessariamente introduzindo aquilo que observa e sente na sua narrativa pessoal, de forma a construir um significado próprio para as novas aprendizagens. Segundo Schauble, Beane, Coates, Martin & Sterling (1996) a aprendizagem no museu "inclui como produtos um alargado sentido estético, o desenvolvimento da motivação e do interesse, a formação e o refinamento de padrões críticos, e o crescimento da identidade pessoal." (p. 24).

2.2.4. Aspetos para Assegurar um Maior Impacte nas Aprendizagens nas Visitas de Estudo aos Museus e Centros de Ciência

A visão da aprendizagem com um processo ativo e construtivo, em que o aprendente é responsável pelo seu próprio percurso de aprendizagem (Novak & Gowin, 1984; Osborne & Wittrock, 1985; White, 1988), tem tido efeitos bem marcados na forma como se perspetiva o ensino das ciências e na necessidade da criação de situações de aprendizagem diversificadas, observando-se atualmente um apelo ao desenvolvimento de estratégias que envolvam o aluno numa multiplicidade de contextos e de atividades de aprendizagem, destacando-se aquelas que se fundamentam na pesquisa e na investigação (Chagas, 1993). Atualmente, as práticas propostas distinguem-se pela flexibilidade, pelo facto de se desenvolverem a partir de questões geradas pelos próprios alunos, ou de alguma forma apropriadas por eles, e por envolverem a resolução de problemas e o trabalho colaborativo (Chagas, 1993; Driver, 1989; Millar, 2006). De acordo com Kirk (1987):

> O aprendente é ativamente envolvido, através de trabalho investigativo, no desenvolvimento das suas próprias capacidades e compreensão. O ambiente de aprendizagem mais apropriado é assim, aquele no qual o aluno é encorajado a pensar,

> a deduzir, a levantar hipóteses, a criticar, a especular, a avaliar, a imaginar, e a criar; e a estratégia mais adequada para o professor é a de envolver os alunos em vários tipos de pesquisas que façam uso de toda a gama de competências de investigação. (p. 19)

Os museus e os centros de ciência oferecem oportunidades únicas para o desenvolvimento deste tipo de atividades, nas quais o aluno pode controlar a sua própria agenda de aprendizagem (Bell et al., 2009). De acordo com diversos autores (ex. Davis & Gardner, 1993; Falk & Dierking, 1992; Griffin & Symington, 1997; Paris, Yambor & Packard, 1998; Pedretti, 2002; Rennie & McClafferty, 1996) os museus constituem ambientes que oferecem condições chave para que o visitante possa construir um significado pessoal, faça as suas próprias escolhas, assuma o controlo da sua própria aprendizagem, colabore com outros e se sinta otimista e recompensado em relação aos esforços de aprendizagem realizados, assumindo-se assim como locais que promovem a motivação intrínseca e o envolvimento sustentado (Paris, 1997).

Um dos aspetos fundamentais que caracterizam os museus e centros de ciência é o facto de possuírem objetos reais, que despertam a curiosidade, a admiração e a vontade de manipular, criando-se um contexto que se constitui como um ponto de partida adequado ao desenvolvimento da compreensão com base nas experiências pessoais (Falk et al.,1986; Meredith et al., 1997; Pedretti, 1997). De acordo com Braund e Reiss (2004), os museus e centros de ciência são locais que:

- Proporcionam um ambiente especial e diferente das escolas, no qual os alunos são estimulados pela manipulação de objetos reais ou através de exposições interativas.
- Permitem o acesso físico ou manipulativo a exemplos concretos ou simulações de fenómenos científicos abstratos.
- Facultam a interação com exposições que permitem que os alunos apliquem e utilizem conceitos científicos e desenvolvam competências investigativas, tais como o questionamento, a previsão, a observação, a resolução de problemas, a comparação, o enunciar de hipóteses e a análise de evidências em situações novas e interessantes.

- Constituem locais onde os alunos podem aprender a integrar os fenómenos e os conceitos científicos em contextos do dia-a-dia.
- Permitem o acesso a artefactos, espécimes e sistemas raros ou inacessíveis;
- Permitem aos alunos a compreensão da descoberta científica, do desenvolvimento tecnológico ou de relações chave através da exposição de artefactos, espécimes ou sistemas numa sequência histórica.
- Proporcionam acesso e compreensão acerca da forma como determinados sistemas funcionam, fornecendo uma janela pela qual os alunos podem observar o funcionamento de determinadas "caixas negras" científicas e tecnológicas.
- Fornecem uma oportunidade para modelar e desenvolver as atitudes relativamente à ciência por parte dos alunos, e numa perspetiva abrangente, a aprenderem sobre si próprios; mais especificamente, os alunos desenvolvem atitudes que são importantes no estudo da ciência, nomeadamente a curiosidade, a abertura de espírito, a reflexão crítica, a criatividade, o espírito inventivo, o respeito pela evidência, a cooperação, a perseverança, a tolerância pela incerteza e a sensibilidade ambiental.
- Proporcionam um ambiente seguro e estimulante no qual a ciência é vista e aprendida com uma sensação de espanto e admiração.

Tendo em conta estas características típicas destas instituições, Bell et al. (2009) identificam seis vertentes que caracterizam a experiência que os visitantes podem ter num museu ou centro de ciência, e que abarca os domínios cognitivo, social, de desenvolvimento e afetivo:

- Experienciam excitação, interesse e motivação para aprender acerca de um fenómeno do mundo natural.
- Podem criar, compreender, relembrar e utilizar conceitos, explicações, modelos e factos relacionados com a ciência.
- Manipulam, testam, exploram, fazem previsões, questionam, observam e constroem um sentido para o mundo natural e físico.

- Refletem na ciência como uma forma de conhecer; nos processos, conceitos e instituições de ciência; e na sua própria forma de aprender acerca dos fenómenos.
- Participam em atividades científicas e práticas educativas com outros, utilizando instrumentos e linguagem científica.
- Pensam acerca de si próprios como aprendentes de ciência e desenvolvem uma identidade como alguém que sabe acerca, utiliza e por vezes contribui para a ciência.

Para que os museus e centros de ciência sejam de facto explorados de uma forma que potencie os seus possíveis impactes educativos, abarcando estes diferentes domínios e tendo em conta os diferentes fatores que afetam a aprendizagem nos museus, há alguns aspetos centrais que devem ser tidos em consideração, relacionados com o aluno, com o papel do professor e com a própria exposição, na organização e implementação de uma visita de estudo.

De acordo com Muse, Chiarelott e Davidman (1982) a chave para que uma visita tenha sucesso, é a capacidade do professor organizar, sequenciar, focalizar e avaliar o evento de acordo com as necessidades do aluno, e em providenciar uma experiência que seja consistente com as expectativas e objetivos esperados. Assim, para que os impactes de uma visita de estudo sejam maximizados, deverão ser considerados diferentes fatores, que atuam em três fases diferentes da visita: antes, durante e após a visita.

Na planificação de uma visita de estudo têm sido assinalados como principais fatores a ser considerados: a planificação da visita no sentido da aprendizagem, potenciando a ligação com o trabalho decorrido em sala de aula, e a atenção que é dada às características únicas que estes contextos apresentam no sentido de diversificar as atividades a desenvolver, e a enfatizar as experiências de vivência direta da exposição (manipulação, observação, etc.) durante a visita (Price & Hein, 1991).

Na preparação das visitas deve ser tomado em consideração o contexto específico em que estas vão decorrer (Bamberger & Tal, 2006; Falk & Dierking, 2000; Lucas, McManus & Thomas, 1986), procurando-se estabelecer uma ligação explícita entre o trabalho realizado em sala de aula e as atividades a desenvolver no museu, o que

só poderá ser plenamente conseguido através de um conhecimento prévio das exposições a visitar por parte do professor (Contini, Rosenfeld, Moore & Movshovitz-Hadar, 2004; Hofstein & Rosenfeld, 1996). Inúmeros trabalhos têm demonstrado a importância da preparação prévia da visita através de atividades de aprendizagem relacionadas com as temáticas presentes na exposição (atividades pré-visita) no sentido de potenciar a sua exploração no decorrer da visita de estudo (ex. Gennaro, 1981; King & Glackin, 2007; Rennie, 2007).

Atendendo a que a visita decorre num ambiente novo para o aluno, este deverá receber informação acerca do que irá observar, no sentido de reduzir o efeito da novidade (Falk, Martin & Balling, 1978). De acordo com Falk e Balling (1982), os alunos sem preparação e orientação prévia, mostram maior tendência em concentrar-se em aspetos da exposição e do ambiente do museu, que não são relevantes para as atividades em si, perdendo-se, assim, o possível efeito positivo da visita. Pelo contrário, quando lhes é fornecido algum tipo de orientação prévia, os alunos mostram-se melhor equipados para poderem lidar com a novidade associada ao novo contexto, e em serem estimulados por ele (Anderson & Lucas, 1997; Orion & Hofstein, 1994).

Quanto aos fatores que parecem potenciar a aprendizagem no decorrer da visita de estudo propriamente dita, salientam-se o sentido de propósito por parte de alunos e professores, a possibilidade de escolha e o sentimento de autonomia relativamente ao processo de aprendizagem por parte dos alunos (Griffin, 1998). Os alunos têm de perceber porque razão têm de recolher determinada informação, de que forma a podem utilizar, necessitam de ter alguma liberdade de escolha relativamente a aspetos específicos da aprendizagem que vão realizar (escolha dos objetos expostos, do tempo necessário, etc.), e total autonomia na forma como desenvolvem as atividades (Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997), devendo além disso, ser encorajados a partilhar as suas descobertas com os colegas e com o próprio professor e monitor (Priest & Gilbert, 1994).

Finalmente, os alunos deverão também compreender de que forma irão utilizar a informação recolhida após o término da visita. Deverá existir sempre uma reflexão conjunta entre professor e alunos sobre a visita, discutindo as experiências vividas, e os aspetos mais e menos positivos, e a visita deverá ser avaliada no âmbito da turma, de

uma forma mais ou menos estruturada, de acordo com os objetivos previamente estabelecidos. De acordo com diversos autores (DeWitt & Osborne, 2007; Falk & Balling, 1982; Gennaro, 1981; Symington et al., 1986; Wolins et al., 1992), deverão também ser desenvolvidas atividades posteriores em sala de aula (atividades de consolidação), de forma a garantir a compreensão e a consolidação das aprendizagens realizadas como parte integrante do seu processo de aprendizagem.

Griffin (1998) e King e Glakin (2010) sintetizaram as recomendações existentes na literatura, passiveis de maximizar os impactes de uma visita escolar a um museu ou centro de ciência, assinalando como aspetos fundamentais a ter em consideração:

- Os professores e os alunos terem um objetivo claro e partilhado.
- A visita estar interligada ao trabalho desenvolvido na escola.
- Ocorrer uma preparação prévia à visita no sentido de orientar os alunos para o que vão encontrar.
- Os alunos terem a possibilidade de escolha das aprendizagens a realizar durante a visita.
- A curiosidade dos alunos ser fomentada e alimentada.
- Os alunos serem encorajados a partilhar as suas aprendizagens com os colegas e com o professor e o monitor.
- Os alunos serem encorajados a utilizar toda a gama de possibilidades de aprendizagem oferecidas pelo museu.
- Os professores serem participantes ativos em todo o processo, modelando os comportamentos mais apropriados.

No entanto, apesar dos inúmeros trabalhos já realizados acerca dos fatores que poderão assegurar uma exploração mais proveitosa destes ambientes de aprendizagem, na maioria dos casos as visitas escolares parecem decorrer de uma forma totalmente alheia às recomendações provenientes da investigação.

Embora os museus proporcionem oportunidades únicas de interação social e expressão pessoal na escolha das atividades, o maior impedimento à aprendizagem tem sido a implementação nos museus de estratégias mais adequadas aos contextos de

aprendizagem mais formais (Griffin, 1994, 2004; Griffin & Symington,1997; Tran, 2006), observando-se, tanto da parte dos professores como dos educadores dos museus, um fraco reconhecimento das características únicas, ou oportunidades de aprendizagem, típicas destes contextos.

De facto, apesar da ênfase dada à importância da possibilidade de escolha e à sensação de controlo sobre a própria aprendizagem no envolvimento dos alunos na visita de estudo (Griffin & Symington, 1997; Kisiel, 2003), os estudos efetuados têm revelado que as visitas de estudo são maioritariamente guiadas e organizadas ou por professores (ex. Griffin & Symmington, 1997; Kisiel, 2003), ou por educadores (ex. Bamberger & Tal, 2006; Cox-Petersen et al., 2003; Tal et al., 2005), e não pelos próprios alunos, que apresentam uma possibilidade de controlo nas suas aprendizagens extremamente limitado (Cox-Petersen et al., 2003; Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997; Kisiel, 2003; Tal et al., 2005).

Na maioria dos casos, os guias fornecem toda a informação relacionada com o conteúdo da visita. Os alunos raramente são encorajados a colocar questões, e as questões que lhes são colocadas são direcionadas para a mobilização de conhecimento prévio e não para a sua aplicação a novas situações, no sentido de construir uma nova compreensão de determinados fenómenos, nem às suas capacidades de análise de novas situações (Cox-Petersen et al., 2003; Kisiel, 2003; Tal & Morag, 2007).

Tal e Morag (2007), num estudo realizado a quatro museus de história natural, verificaram que as visitas guiadas a todos os museus analisados, se podem categorizar nos seguintes tipos:

- "Sem escolha": Expositivas, centradas no guia; neste tipo de visita os alunos não têm qualquer responsabilidade ou controlo na sua aprendizagem; os alunos não podem escolher o que querem explorar, nem o tempo dedicado a cada exibição; a maioria das interações entre os alunos e o professor limitam-se a questões de gestão e disciplina.
- "Escolha limitada": Existe uma conversa inicial com os alunos na qual lhes são dadas as instruções relativas às atividades a desenvolver. Estas podem ocorrer numa dada área específica do museu, ou não se restringir a nenhuma

área específica, assim é dada maior possibilidade aos alunos de controlar a sua aprendizagem, escolhendo os objetos que se relacionam com a tarefa a desenvolver e os colegas com quem trabalhar. Tanto o professor como o guia vão fornecendo as indicações necessárias. Podem ocorrer interações dos alunos entre si, dos alunos com o professor e com o guia.

– "Escolha livre": Os alunos exploram toda a exposição de forma inteiramente livre, sem qualquer orientação. Escolhem o espaço, os objetos, o conteúdo e os colegas com quem colaborar. Em geral o guia está presente para responder às questões colocadas. O professor pode interagir com os alunos, mas sem uma função definida.

No estudo efetuado por estes autores, a maioria das visitas observadas enquadraram-se na categoria "sem escolha" (45%) ou na "escolha livre" (38%), raramente se observando visitas nas quais os alunos tiveram oportunidade de explorar as exposições por si próprios, mas com algum tipo de orientação, o que de acordo com os autores, proporcionaria o suporte necessário ao desenvolvimento da sua curiosidade natural e a uma aprendizagem significativa. Num outro estudo realizado por Cox-Peterson et al. (2003), mais de 75% das visitas guiadas observadas eram centradas no monitor, expositivas, não se observando qualquer possibilidade dos alunos tomarem uma decisão, ou mesmo de trabalharem colaborativamente.

Inúmeros estudos têm revelado, também, que a maioria dos professores que realiza visitas de estudo a museus não planeia a visita, não conhece o programa proposto de visita (no caso das visitas guiadas) e não parece ter consciência da importância do seu papel para o sucesso da mesma, assumindo um papel totalmente passivo ou apenas assegurando os aspetos relacionados com a organização dos alunos (ex. Griffin, 2004; Griffin & Symington,1997; Kubota & Olstad,1991; Storksdieck, 2001; Tal & Morag, 2007; Tal & Steiner, 2006; Tal et al., 2005). De facto, na maioria dos casos estudados, os professores não apresentam qualquer agenda de aprendizagem explícita, referindo objetivos vagos ou limitados para a visita. Na maior parte dos casos, os professores apenas fornecem indicações técnicas aos alunos no sentido de garantirem que a visita decorra sem problemas (ex. Falk & Balling, 1982; Gottfried, 1980; Griffin

& Symington, 1997; Kubota & Olstad, 1991; Wolins et al., 1992). Para além disso, no geral, as visitas carecem de uma preparação prévia e não são seguidas por atividades de consolidação pós-visita (Kubota & Olstad, 1991; Storksdieck, 2001), apesar de muitos estudos já terem demonstrado a importância destas atividades pré e pós-visita no incremento da aprendizagem (Kisiel, 2006; Kubota & Olstad, 1991). É igualmente reportada uma grande descontinuidade entre as estratégias desenvolvidas na escola e as atividades desenvolvidas nos museus, o que parece constituir uma dificuldade adicional à aprendizagem durante a visita (Bell et al., 2009; Tal & Morag, 2007).

Este é o cenário a nível internacional. E em Portugal? Qual é a situação no que diz respeito a esta relação escolas/museus e centros de ciência?

Em Portugal salienta-se o desenvolvimento de algumas experiências de criação de ambientes integrados de educação em ciências em contextos formal e não-formal. É o caso da "Escola Ciência Viva", que é um projeto educativo da Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica - Ciência Viva e que funciona desde Janeiro de 2011 no Pavilhão do Conhecimento (http://www.escola.cienciaviva.pt). Este projeto trabalha em parceria com o Agrupamento de Escolas de Fernando Pessoa, que engloba três escolas do 1º ciclo. A "Escola Ciência Viva" é uma escola do 1º ciclo a funcionar num centro de ciência. Todas as semanas duas turmas do 1º ciclo têm todas as aulas nas instalações desta escola, acompanhados pelos seus próprios professores, sendo implementado um plano de trabalho que envolve os alunos numa série de atividades centradas nos recursos do centro de ciência, nomeadamente, atividades experimentais em laboratório e na sala de aula, exploração das exposições do centro, e conversas com cientistas, e que versam sobre os conteúdos curriculares do respetivo ano de escolaridade. Além disso, é dada formação para a exploração dos recursos do centro, aos professores envolvidos. Este projeto está a ser monitorizado e avaliado pelo Centro de Investigação e Estudos de Sociologia (CIES) do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e Empresa (ISCTE) e pelo Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (IEUL), não se dispondo ainda dos resultados dessa avaliação.

Outra experiência educativa consistiu na integração de uma infraestrutura de educação não-formal de ciências numa escola do 1º ciclo do ensino básico e simultaneamente o desenvolvimento de um programa de formação continuada sobre as atividades integradas de educação em ciências para os professores do 1º ciclo envolvidos (Rodrigues, 2011). Relativamente à avaliação dos impactes desta integração também não dispomos ainda de dados publicados, no entanto, no que diz respeito à avaliação do programa de formação, verificou-se que este teve impactes ao nível das atitudes dos professores-formandos, nomeadamente no aumento do gosto e motivação pelo ensino das ciências em contexto não-formal e das suas práticas de ensino em contexto não-formal, sendo referidas aprendizagens ao nível da planificação e da implementação de visitas de estudo. Estas aprendizagens parecem ter-se traduzido em mudanças efetivas nas práticas destes professores, que planificaram e implementaram atividades em contextos de educação não-formal de forma mais estruturada, fundamentada e integrada com as atividades desenvolvidas em sala de aula (Rodrigues, 2011).

Finalmente destaca-se ainda a "Fábrica Centro Ciência Viva" que nasceu na Universidade de Aveiro, desenvolvendo inúmeras atividades em estreita colaboração com a Universidade. No entanto, todas estas experiências educativas têm vindo a apostar na integração física dos próprios espaços de ensino formal, a escola, e não-formal, centro de ciências. E no que diz respeito às visitas de estudo? De que forma são implementadas as visitas escolares aos museus e centros de ciência?

Os estudos realizados em Portugal revelam que de um modo geral as visitas de estudo realizadas não são consistentes com as recomendações apresentadas na literatura (ex. Cruz, 2004; Oliveira, 2008; Ribeiro, 2005; Rodrigues, 2011; Varela, 2009; Xisto, 2008). Nalguns estudos realizados aos centros ciência viva Portugueses (ex. Palermo, 2007; Ribeiro, 2005; Rodrigues, 2011; Xisto, 2008), tem-se verificado que, na maior parte dos casos, os professores não realizam uma visita prévia de modo a preparem a sua visita de estudo, apesar de esta ser inteiramente gratuita, e nalguns casos verificou-se mesmo que os professores não consideram ser importante conhecerem previamente o local a visitar (Rodrigues, 2011).

Varela (2009) entrevistou 123 professores de CN do 3º ciclo do ensino básico, tendo verificado que, na maioria dos casos, a maioria das visitas de estudo são ilustrativas e o seu valor educativo é essencialmente de natureza cognitiva, integrando-se nos assuntos abordados na sala de aula e sendo o seu principal objetivo, quando referido, o aprender e consolidar conhecimentos. Por outro lado, as atividades de pré-visita são em geral reduzidas, consistindo essencialmente em atividades de familiarização com os objetivos da visita e/ou com o local a visitar e as atividades de pós-visita são, maioritariamente, confinadas ao contexto escolar, visando essencialmente divulgar a visita de estudo à comunidade escolar por intermédio de artigos, exposições e reprodução de experiências observadas durante a visita de estudo. Nos casos em que as atividades realizadas se limitaram ao contexto da sala de aula, foram referidas pelos professores atividades tradicionalmente relacionadas com a avaliação, nomeadamente a elaboração de relatórios ou realização de trabalhos. Varela (2009) verificou ainda que as atividades implementadas durante a visita de estudo são pouco diversificadas e compreendem fichas de trabalho ou guiões da visita e o registo não estruturado de informação.

Rodrigues (2011), num estudo realizado com 17 professores do 1º ciclo do ensino básico, refere que nenhum dos inquiridos definiu o propósito da visita, a identificação das ideias prévias das crianças acerca dos conteúdos ou fenómenos a explorar durante a visita, nem foi contemplada nenhuma previsão nem organização de registos a efetuarem durante a visita. Por outro lado, nenhum dos inquiridos fez referência a um período inicial da visita para orientação e adaptação dos alunos ao local, nem ao período final para terem oportunidade de explorarem outros aspetos não contemplados durante a visita. Finalmente, cerca de 41% dos professores inquiridos revelaram fazer uma reflexão sobre a visita, mas não houve nenhum que tenha referido a preocupação com a sistematização do que foi aprendido, nem com a sua relação com as abordagens a efetuar em aulas subsequentes.

Oliveira (2008), num estudo com 56 professores de Física e Química do 3º ciclo do ensino básico, constatou que a importância atribuída por estes às visitas de estudo se relacionava com a sua contribuição para a aprendizagem, uma vez que estas se podem relacionar com os conteúdos programáticos da disciplina, ajudam a compreender melhor

a matéria dada nas aulas e permitem o contacto direto com os objetos de estudo; com aspetos afetivos, pois estes contribuem para aumentar o interesse pela disciplina; e com a natureza das atividades que são proporcionadas, visto as visitas de estudo permitirem visualizar o funcionamento de material e equipamento de laboratório. Quanto à organização das visitas de estudo, Oliveira constatou que os professores descrevem a realização de atividades antes, durante e após a visita de estudo. Antes da visita, a principal atividade referida prende-se com o fornecimento de indicações relativas ao local a visitar e aos objetivos da visita. Durante a visita, a maioria dos professores referiu que usualmente fornece explicações relativas aos aspetos observados e apenas uma percentagem limitada de professores mencionou que os alunos costumam seguir as instruções apresentadas em guiões previamente elaborados. Finalmente, após a visita de estudo, a principal atividade realizada consiste na descrição oral, por parte dos alunos, das tarefas realizadas durante a visita e na apresentação destas na forma de um documento escrito.

As visitas de estudo descritas nestes trabalhos parecem ser essencialmente do tipo "ilustrativo", assumindo mesmo muitas vezes o formato de um "dia fora da escola" (Oliveira, 2008; Ribeiro, 2005; Varela, 2009). De acordo com Palermo (2007), num estudo realizado no Pavilhão do Conhecimento, embora a maioria dos professores entrevistados considere que os centros de ciência são espaços ricos, educativos, que possibilitam que se tenha acesso à ciência de uma forma divertida, na sua maioria não parecem revelar uma preocupação em conhecer as potencialidades destes locais, nem em compreender qual a melhor forma de potenciar as aprendizagens possíveis. Finalmente, os resultados dos trabalhos realizados no contexto Português parecem evidenciar alguma desarticulação entre o objetivo mais valorizado pelos professores para uma visita de estudo ser bem-sucedida – a consolidação de conhecimentos – e as principais razões apontadas para o sucesso da mesma – o seu impacte a nível afetivo, designadamente a satisfação dos alunos com a visita de estudo e os recursos proporcionados pelo local.

O presente capítulo centrou-se na problemática associada à realização de visitas escolares aos museus e centros de ciência no sentido de ir ao encontro das finalidades da

educação em ciência, tendo ressaltado a necessidade da promoção de uma maior complementaridade entre o ambiente de aprendizagem formal (escola) e os ambientes de aprendizagem não-formais (museus e centros de ciência), através do estabelecimento de uma forte inter-relação entre as aprendizagens de ciências realizadas em contextos não-formais e aquelas que são realizadas em ambiente escolar.

Com a presente tese pretende-se colmatar essa necessidade, contribuindo para uma maior compreensão acerca do papel que as escolas, e consequentemente os professores de ciências, poderão/deverão desempenhar nesta relação dialógica no sentido de potenciar este esforço conjunto (escola/museus e centros de ciência) pela educação em ciência.

Com o objetivo de responder a esta questão, considerou-se essencial compreender o que de facto se passa nestes contextos de aprendizagem não-formal das ciências. De que forma são implementadas as visitas escolares? Qual o papel desempenhado pelos professores e pelos educadores/monitores dos museus? Qual o comportamento dos alunos durante a visita e de que forma os professores lidam com esses comportamentos? Qual a "agenda de aprendizagem" dos professores de ciências para uma visita de estudo a um centro ou museu de ciência, i.e. quais são os seus objetivos e que resultados esperam? E de que forma esses objetivos se refletem na forma como vivenciam as visitas, como lidam com os alunos?

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Pretendeu-se, nesta investigação composta por vários estudos, traçar uma panorâmica geral da forma como decorrem as visitas escolares com base em observações realizadas nos museus e centros de ciência. Atendendo às questões e aos objetivos desta investigação, foram consideradas como potenciais instituições participantes, os museus e centros de ciência da região de Lisboa (ver listagem das instituições no Apêndice B). Após terem sido contactadas, através de uma carta a apresentar o projeto e posteriormente de uma reunião presencial com os responsáveis do sector educativo, foram recebidas respostas positivas das seguintes instituições: Pavilhão do Conhecimento, Aquário Vasco da Gama, e Centro de Ciência Viva da Amadora, que assim se constituíram como instituições participantes na investigação.

Com o objetivo de compreender o papel do professor e dos alunos, quando envolvidos nas atividades que fazem parte da oferta educativa dos museus, foram efetuados dois estudos empíricos (estudo 1 e estudo 2) centrados na forma como as visitas escolares decorrem, procurando-se descrever e compreender a dinâmica que se estabelece no decorrer das mesmas, mais concretamente qual o papel assumido pelos diferentes intervenientes (professor, alunos, monitor), assim como compreender qual a perspetiva de cada um dos intervenientes acerca da forma como a visita decorreu e quais as razões que motivam os professores a desenvolver este tipo de atividades com os seus alunos. Foram analisados 85 visitas de estudo livre, i.e. da total responsabilidade do professor (Pavilhão do Conhecimento) e 39 visitas de estudo guiadas pelo monitor do museu (Aquário Vasco da Gama).

Visto a oferta educativa dos museus, para além das visitas escolares, também poder assumir a forma de um curso de formação dirigido a professores, foi realizado um terceiro estudo (estudo 3), com o objetivo de analisar quais os impactes que um curso de formação para professores oferecido por um Centro de Ciência teve na promoção e apoio à organização de visitas escolares aos centros de ciência por parte dos professores

de ciências. No âmbito deste estudo, foram observadas todas as sessões presenciais (num total de 16h de formação) constituintes do curso e sete visitas ao centro de ciência organizadas pelos formandos; este estudo decorreu no Centro Ciência Viva da Amadora (CCVA).

Finalmente, e com o objetivo de desenvolver uma proposta de intervenção promotora de uma maior complementaridade entre a escola e o museu, foi realizado um quarto estudo, no qual é desenvolvida, implementada e testada (com uma turma de alunos) uma proposta de atividade, a decorrer na escola e num museu (Aquário Vasco da Gama), e que envolveu a exploração de aspetos relacionados com a história da ciência, nomeadamente a história da oceanografia em Portugal.

Em resumo, os estudos empíricos envolvidos nesta investigação são os seguintes:

- Estudo 1. Análise de visitas livres a um centro de ciência, Pavilhão do Conhecimento (artigo I)
- Estudo 2. Análise de visitas guiadas a um Aquário, Aquário Vasco da Gama (Artigo II)
- Estudo 3. Análise de um curso de formação sobre a utilização de um Centro de Ciência como recurso didático, dirigido aos professores de ciências, Centro Ciência Viva da Amadora (Artigo III)
- Estudo 4. Desenvolvimento, Implementação e Avaliação de uma proposta de atividade de exploração da história da ciência, a ser implementada na escola e no Aquário Vasco da Gama (Artigo IV)

Este capítulo, que tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada nos quatro estudos empíricos que dão suporte a esta tese, divide-se em duas partes: fundamentação metodológica desta investigação e apresentação do desenho de investigação desenvolvido e que é transversal aos quatro estudos realizados; e a descrição pormenorizada de cada um desses estudos empíricos, incluindo a metodologia utilizada em cada um deles.

Dos três primeiros estudos realizados resultou um relatório final de avaliação das visitas em análise que foi entregue às respetivas instituições envolvidas (Pavilhão do Conhecimento, Aquário Vasco da Gama, Centro Ciência Viva da Amadora). Do quarto estudo resultou uma proposta de atividade que faz parte integrante da oferta às escolas do Aquário Vasco da Gama, e que se encontra disponível para os professores (sob a forma de um "case-study" do projeto Europeu HIPST) no *site*:
http://hipstwiki.wetpaint.com/page/King+D+Carlos%2C+a+naturalist+oceanographer

3.1. Fundamentação Metodológica

Tendo em conta a problemática em que assenta este trabalho, esta investigação enquadra-se no paradigma construtivista (segundo Guba & Lincoln, 1994, 1998).

Na perspetiva de Guba e Lincoln (1994)

> um paradigma pode ser visto como um conjunto de convicções básicas (ou metafísicas) que se referem a princípios essenciais ou primeiros. Representa uma visão do mundo que define, para aquele que a detém, a natureza do "mundo", o lugar que o individuo nele ocupa e o âmbito das relações possíveis com esse mundo e as suas partes, como acontece, por exemplo, com as cosmologias e teologias." (p. 107).

Um paradigma de investigação corresponde a um conjunto de asserções, conceitos ou proposições, que orientam o pensamento do investigador e a própria investigação (Bogdan & Biklen, 1994), sobre a natureza da realidade (ontológicos), sobre a natureza da relação entre o investigador e aquilo que pode ser apreendido acerca dessa mesma realidade (epistemológicos) e sobre a forma como o investigador pode aceder a essa realidade (metodológicos) (ex. Creswell, 2007; Creswell & Clark 2007; Guba & Lincoln, 1998; Mertens, 1998).

De acordo com o paradigma construtivista, e assumindo-se que o real não é apreensível, acedendo-se apenas a uma construção dos sujeitos que entram em relação com ele (pressupostos ontológicos), a finalidade da investigação incide na compreensão e na interpretação dessa mesma realidade do ponto de vista dos sujeitos em estudo. A realidade é apreendida na forma de múltiplas construções mentais, baseadas na

influência social e nas vivências individuais, que geralmente são específicas para um dado indivíduo (embora possam ser partilhadas por um determinado grupo de indivíduos, ou mesmo entre culturas) (Guba & Lincoln, 1994, 1998). Assim, o que é valorizado na relação do sujeito com o objeto de investigação são as relações influenciadas por fatores subjetivos, que marcam a construção de significados que emergem no campo (pressupostos epistemológicos).

O investigador e o "objeto de investigação" estão interativamente ligados, pelo que os resultados vão sendo "construídos" à medida que prossegue a investigação (Guba & Lincoln, 1994). Estas construções individuais vão sendo percebidas e afinadas pela interação entre o investigador e os participantes. São produzidas análises indutivas (pressupostos metodológicos). Pela sua capacidade de interpretação, o investigador torna-se também um produtor da realidade investigada, entendida como uma criação subjetiva dos participantes envolvidos (Guba & Lincoln, 1994).

No que diz respeito ao desenho de investigação desenvolvido, seguiu-se uma abordagem essencialmente qualitativa, que envolveu uma investigação naturalista e interpretativa (de acordo com Denzin & Lincoln, 1994). Naturalista, atendendo a que os "fenómenos" em estudo são investigados quando inseridos no seu contexto natural e no qual o investigador respeita a evolução natural do fenómeno, não criando interferências intencionais ou qualquer manipulação. Interpretativa, procurando atribuir aos "fenómenos" em estudo um significado ou interpretá-los com base no sentido que os próprios participantes lhe atribuem (Lincoln & Guba, 1985; Maykut & Morehouse, 1994; Merriam, 1988).

De acordo com Bogdan e Biklen (1994) "os investigadores qualitativos frequentam os locais de estudo porque se preocupam com o contexto. Entendem que as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente habitual de ocorrência" (p. 48). Interpretativa no sentido em que o seu principal objetivo é não só o de estudar os fenómenos no seu contexto, mas também o de compreender os significados dos mesmos segundo os diferentes atores. A este respeito Denzin e Lincoln (1994, 1998) esclarecem que um estudo é interpretativo quando tem como principal objetivo "procurar as melhores maneiras de tornar mais inteligíveis os mundos da experiência daqueles que estão a ser estudados" (p. 12).

A observação foi o método de recolha de dados prevalecente nos quatro estudos que estruturam esta tese (em particular nos três primeiros estudos), atendendo a que se procurou descrever a dinâmica que ia sendo criada ao longo das diferentes atividades. De que forma são implementadas as visitas escolares? Qual o papel desempenhado pelos professores e pelos monitores dos museus? Qual o comportamento dos alunos durante a visita e de que forma os professores lidam com esses comportamentos? A entrevista, o questionário e a análise de documentos foram os métodos complementares de recolha de dados, consoante os estudos em questão, com o intuito de se obter a perspetiva dos vários intervenientes envolvidos (do professor, do educador e dos alunos). Qual a "agenda de aprendizagem" dos professores de ciências para uma visita de estudo a um centro ou museu de ciência, i.e. quais são os seus objetivos e que resultados esperam? Qual a perceção do educador do museu acerca das visitas escolares? E o que esperam os alunos de uma visita de estudo ao museu? Que apreciações fazem acerca da visita/atividade realizada?

A observação como método de recolha de dados numa investigação permite ao investigador aceder diretamente aos dados, podendo aperceber-se de situações e comportamentos à medida que estes ocorrem, e que muitas vezes por se terem tornado rotineiros, não são percecionados pelos sujeitos envolvidos, assumindo assim uma posição privilegiada para desenvolver uma nova visão, uma nova compreensão dos acontecimentos e dos contextos envolvidos, relativamente aos participantes no estudo (Merriam, 1988).

De acordo com Gall, Gall e Borg (2007) e Patton (2002) o papel assumido pelo observador, no quadro de uma investigação de natureza qualitativa, pode variar ao longo de um contínuo, entre uma postura totalmente não-participante ("completo observador"), em que apenas observa os acontecimentos, e uma postura totalmente participante ("completo participante"), na qual o investigador se insere intimamente no grupo em estudo. Como em todos os contínuos, identificam-se situações intermédias entre estes dois extremos, consoante o grau de interação entre o observador e os participantes, podendo o investigador atuar primeiramente como observador, interagindo apenas pontualmente com os participantes enquanto desenvolve a observação ("observador-participante"), ou observar e interagir com os participantes de

forma a construir alguma identidade com o grupo, embora esta não seja completa ("participante-observador").

Consoante os estudos realizados, desenvolveu-se uma postura de "completo observador" (caso dos estudos 1, 2 e 3), nos quais, embora o observador não se encontrasse fisicamente ausente do espaço de observação, nunca interagiu com os sujeitos observados, e de "observador-participante" (caso do estudo 4), nos quais o investigador atuou primeiramente como observador, tendo apenas interagido com os participantes em situações pontuais durante as sessões de observação. Esta diferença de comportamento por parte do observador prende-se com a natureza dos próprios estudos envolvidos, já que no caso dos três primeiros estudos se pretendeu obter um descrição das atividades tal como elas normalmente ocorrem nos respetivos museus (sem a interferência do investigador), e no caso do quarto estudo, se pretendeu analisar qual a aplicabilidade das atividades propostas a ser implementadas pelo próprio professor, sem a ajuda do investigador, sendo no entanto impossível a sua total exclusão do "palco de intervenções", pela relação que entretanto se estabeleceu com os alunos envolvidos.

O *design* utilizado para a observação seguiu um esquema especificamente desenvolvido para cada estudo. A observação foi estruturada em três fases distintas, mas interligadas: uma fase descritiva, em que as observações foram livres (sem constrangimentos), que serviram de base para direcionar a observação nas etapas subsequentes; fase de focalização, que direcionou a observação para aspetos do fenómeno em estudo que foram previamente reconhecidos como mais relevantes (através da observação livre); e por fim, uma fase estruturada, que permitiu aprofundar através de observações estruturadas, os elementos mais específicos que emergiram empiricamente como sendo os mais importantes (Gall et al., 2007).

O principal objetivo da observação foi obter dados em primeira mão acerca da forma como as visitas de estudo decorriam, qual o comportamento realizado por cada um dos intervenientes e que tipo de interações este estabelecia com os outros intervenientes ou com os objetos presentes nas exposições. Nesse sentido, foram sempre efetuadas, em cada estudo, numa primeira fase, observações livres (*ad libitum*), sem qualquer constrangimento sistemático, em que se pretendeu registar tudo o que se observava e parecia relevante no momento da observação (Gal et al., 2007; Merriam,

1988; Simpson & Tuson, 1997). De acordo com diversos autores (Gal et al., 2007; Merriam, 1988), numa primeira fase do processo de observação, o observador deve registar toda a informação que conseguir, nomeadamente dados relacionados com:

- O espaço físico onde decorre o estudo: descrição do local, considerações acerca do tipo de comportamentos potencializados ou inibidos pelo cenário
- Os participantes: quem são, quantos são, quais os seus papéis?
- As atividades e interações: o que se passa, como interagem os sujeitos com as atividades e entre si, de que forma se inter-relacionam?
- A frequência e a duração: quando começam, quando terminam, com que frequência ocorrem?
- Fatores subtis, menos óbvios: comportamentos marginais à atividade central, sentido simbólico de gestos ou palavras, comunicação não-verbal.

Durante o período de observações livres, foram realizadas observações não focalizadas, nas quais o observador procurou registar todos os elementos que pudessem ter potencial interesse para a investigação, procurando descrever todos os acontecimentos à medida que estes iam surgindo, sendo dada relevância a todos os aspetos envolvidos: atores, contexto em que ocorrem, efeitos nos outros participantes, organização do grupo, diálogos, ações que ocorrem paralelamente à visita de estudo em si, alguns indicadores não-verbais, como a localização espacial dos vários intervenientes, a "postura" assumida por cada um deles (enfado, entusiasmo, atenção, etc.) (fase de descrição). Posteriormente, foram sendo identificados comportamentos/acontecimentos de maior relevância para a temática em estudo, nos quais a observação (ainda uma observação livre) se começou a focalizar (fase de focalização) (Gall et al, 2007).

Este período de observações livres permitiu à investigadora conhecer/identificar o tipo de comportamentos passíveis de serem observados durante as visitas de estudo em análise, e simultaneamente dar-lhes um significado (interpretá-los) pelo facto de serem observados e analisados quando inseridos num (ou em) contexto(s) mais amplo(s), no(s) qual(is) os mesmos aconteciam. Permitiu, também, selecionar quais os

comportamentos que iriam ser utilizados no período subsequente de observações estruturadas. O período de observações livres não teve uma duração fixa para todos os estudos, tendo decorrido durante o tempo necessário para que o aparecimento de comportamentos/situações novas para o observador ocorresse num número reduzido de situações (embora nunca nulo) (momento de saturação de informação) (Strauss & Corbin, 1990).

Após esse período, foram desenvolvidas observações estruturadas (Estrela, 1984; Gal et al., 2007; Simpson & Tuson, 1997) com base num protocolo de observação adequado a cada contexto em estudo, que permitisse ao observador focalizar a sua atenção nos aspetos considerados de maior relevância para os objetivos do estudo e obter dados que pudessem ser utilizados para comparar o comportamento de diferentes grupos escolares em diferentes situações (por exemplo, diferentes visitas de estudo, caso dos estudos 1 e 2). Na observação estruturada podem ser utilizadas determinadas regras de amostragem que asseguram que o observador se focalize naquilo que pretende observar, diminuindo o "ruído visual" (demasiados sujeitos, demasiados comportamentos) (Estrela, 1984; Gal et al., 2007).

Consoante os estudos realizados no âmbito da presente tese, foram utilizadas diferentes regras de amostragem: observações contínuas centradas no sujeito (amostragem focal), nas quais o observador apenas se focaliza num único sujeito, ou pequeno grupo de sujeitos, descrevendo todos os comportamentos realizados, durante um intervalo de tempo determinado (estudo 1); observações temporais por varrimento (amostragem por varrimento), nas quais o observador regista o comportamento realizado por todos os sujeitos em observação, num dado instante, repetindo este procedimento a intervalos de tempo regulares (estudo 2); e observações contínuas centradas no comportamento (amostragem por comportamento), no qual o observador se centra apenas em determinado comportamento, ou conjunto de comportamentos, fazendo o seu registo sempre que os mesmos ocorram (estudo 2).

Tendo em conta que o comportamento humano nunca poderá ser entendido sem referência aos diferentes sentidos e objetivos que os atores dão aos seus próprios atos (Guba & Lincoln, 1994), as observações foram sempre complementadas com entrevistas e questionários, no sentido de compreender a forma como os diferentes intervenientes

percecionaram as visitas de estudo e o papel que desempenhavam nas mesmas. As entrevistas podem revelar-se como uma técnica útil, que por um lado complementa os dados recolhidos através da observação, assumindo um papel essencial na captação das múltiplas realidades apropriadas pelos diferentes atores envolvidos (Stake, 2009), e por outro contribui para contrariar possíveis enviesamentos que surjam no processo de observação (Lessard-Hébert, Goyette & Boutin 1990).

A entrevista permite obter uma compreensão mais profunda das opiniões e perceções dos sujeitos comparativamente aos questionários, mas é um método que exige mais tempo para a sua concretização, assim como a existência de um contexto próprio, i.e. um local e um ambiente adequados à sua realização. Tendo em conta que a recolha de dados neste trabalho decorreu essencialmente no próprio terreno (museus e centros de ciência), optou-se, na maioria dos casos, pela realização de questionários, por se considerar que os inquiridos iriam aderir com maior facilidade a este tipo de instrumento de recolha de dados pelo facto de, em geral, implicar menor consumo de tempo. No entanto, no caso em que os participantes concordaram em colaborar no estudo fora do contexto inicial (museu ou centro de ciência), ou no caso em que o próprio estudo envolveu um acompanhamento dos participantes durante um período de tempo mais longo, foram aplicados aos professores questionários com perguntas abertas, respondidos *online* (caso dos estudos 2 e 3) e foram realizadas entrevistas individuais ao educador do museu e ao professor (caso dos estudos 2 e 4, respetivamente) e entrevistas em grupo focado aos alunos (caso do estudo 4).

Optou-se pela realização de uma entrevista em grupo focado aos alunos (ver estudo 4), que é um tipo de entrevista conduzida em pequenos grupos (no caso deste estudo foi realizada uma entrevista com um grupo de 5 alunos), devido ao facto de se considerar que este procedimento permite a criação de um espaço promotor de uma maior riqueza nas respostas dos inquiridos (comparativamente às entrevistas individuais) em consequência da discussão que naturalmente se gera por se encontrarem inseridos num grupo de diferentes sujeitos, com diferentes perspetivas (Krueger, 1994). Pelo facto de ouvirem as respostas dos colegas, os inquiridos têm tendência a fazer comentários adicionais, explicitando e desenvolvendo assim as suas posições/perspetivas (Krueger, 1994; Patton, 2002).

Por último, no caso dos estudos 3 e 4, procedeu-se também à recolha de documentos escritos. No primeiro caso foram recolhidos e analisados todos os documentos de apoio fornecidos aos professores-formandos que participaram no curso de formação (estudo 3) e no segundo caso foram recolhidos e analisados todos aos documentos elaborados pelos alunos no decorrer das atividades desenvolvidas (estudo 4). No que diz respeito aos procedimentos de análise dos dados (das observações, questionários com perguntas abertas, entrevistas e análise de conteúdo dos documentos escritos selecionados), enquadrando-se este trabalho numa metodologia de natureza qualitativa, privilegiou-se uma abordagem do tipo indutivo-interpretativa, na qual, através de um processo gradual de redução dos dados se faz emergir categorias de análise, que são posteriormente interpretadas e analisadas num novo todo, plausível e credível, permitindo atribuir novos sentidos ao fenómeno estudado (Bogdan & Biklen, 1994; Eisner, 1998; Milles & Huberman, 1994).

Em qualquer trabalho de investigação é necessário garantir a sua validade e fiabilidade. Estes conceitos são multifacetados, existindo diferentes tipos de validade, interna e externa, e consequentemente diferentes formas de os garantir (Cohen, Manion & Morrison, 2001). No caso dos estudos de natureza qualitativa, e de acordo com Mertens (1998), a validade interna (ou fiabilidade) relaciona-se com a garantia da credibilidade da investigação, e a validade externa com a noção de transferibilidade. No primeiro caso, interessa perceber até que ponto existe uma correspondência entre o que é registado e o que realmente ocorre. A validade interna consiste em assegurar que a descrição e a explicação de um dado evento/situação dadas pela investigação podem de facto ser sustentadas pelos dados. De acordo com Mertens (1998) esse aspeto poderá ser assegurado pelo envolvimento prolongado no terreno do investigador, pela realização de observações persistentes, pela triangulação de métodos, fontes, participantes, e teorias, e pelo cuidado em desenvolver interpretações contrárias.

No que diz respeito à possibilidade de transferibilidade (validade externa), Maxwell (2002) refere a importância do investigador realizar uma descrição clara, profunda e detalhada de forma a que se possa julgar sobre a possível transferência dos resultados obtidos, para o seu contexto. Cohen et al. (2001) referem a fidelidade ao real, o contexto e as especificidades da situação, a autenticidade, a abrangência, o detalhe, a

honestidade, a profundidade da resposta e o sentido que esta tem para o respondente, como elementos protagonistas na promoção da validade externa do estudo.

Com o objetivo de assegurar a validade e a fiabilidade das observações realizadas no decorrer dos diferentes estudos presentes nesta tese, e de acordo com as recomendações da literatura (ex. Eisner, 1998; Flick, 2005; Merriam, 1988), foram realizados os seguintes procedimentos:

- Evitaram-se os julgamentos rápidos e decisões precipitadas acerca daquilo que é relevante observar em maior profundidade, existindo em todas as investigações um período relativamente prolongado de observações livres, que permitiu à investigadora identificar o tipo de comportamentos passíveis de ocorrer no contexto em estudo, e simultaneamente dar-lhes um significado, identificando assim os comportamentos de maior relevância para a temática em estudo.
- Na análise dos registos efetuados, foram sempre consideradas explicações alternativas e nunca foram ignoradas observações que não pareciam integrar-se na interpretação efetuada.
- A análise dos dados foi sendo efetuada paralelamente às sessões de observação, sendo as novas observações constantemente confrontadas com as análises previamente efetuadas.
- Os critérios de categorização utilizados e as opções de procedimento realizadas foram explicitamente clarificados para cada um dos estudos efetuados.
- Em todos os estudos foi realizada a triangulação dos dados (através da utilização de diferentes métodos de recolha de dados e de diferentes fontes).

Segundo diversos autores (ex. Cohen et al., 2001; Creswell, 2007; Denzin & Lincoln, 1998; Lincon & Guba, 1985; Paton, 2002), existem diversas formas de triangulação utilizadas em estudos de natureza qualitativa, nomeadamente: triangulação dos métodos, quando se verifica a consistência dos dados obtidos através de diferentes métodos; triangulação das fontes, quando se verifica a consistência entre diferentes

fontes de dados recorrendo ao mesmo método; triangulação de teorias, quando se recorre a múltiplas teorias ou perspetivas para se interpretar os dados.

Nas investigações presentes nesta tese efetuou-se a triangulação metodológica, na medida em que foram utilizados diversos instrumentos de recolha de dados relativamente aos mesmos acontecimentos (observação, questionários, entrevistas). Também se efetuou a triangulação das fontes pelo facto de se terem utilizado diferentes informadores (professores, alunos, educadores do museu). A utilização de técnicas de triangulação, como as descritas anteriormente, permite não apenas aumentar a validade da investigação, mas também a sua riqueza e profundidade, visto o investigador analisar os seus dados tendo em conta outras fontes e perspetivas, evitando assim o risco de incorrer em enviesamentos resultantes da utilização de um único método, fonte ou perspetiva (Eisner, 1998; Patton, 2002).

Tendo em consideração questões éticas, essenciais em qualquer investigação, todos os sujeitos envolvidos nos diferentes estudos foram previamente questionados acerca da possibilidade de serem observados no decorrer das atividades em análise (visitas de estudo, sessões teóricas e workshops), podendo estes obviamente recusar-se a serem envolvidos no estudo (envolvimento consentido). Em todos os questionários e entrevistas foi garantido o anonimato, de alunos e professores, sendo assim assegurada a confidencialidade dos dados recolhidos. No quadro 1 são apresentados todos os instrumentos de recolha de dados utilizados nos quatro estudos que constituem a presente tese.

Quadro 1.
Instrumentos de recolha de dados utilizados nos diferentes estudos realizados.

		Observação livre			Observação estruturada			Questionário			Entrevista em grupo focado			Entrevista individual			Recolha documentos
		A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	
Estudo 1	Visitas livres	+	+	+	+	+			+								
Estudo 2	Visitas guiadas	+	+	+	+	+	+	+	+	+						+	
Estudo 3	Curso formação	+	+	+					+								+
Estudo 4	Atividade proposta	+	+	+				+			+				+		+

(A) alunos; (P) professores; (E) educadores/monitores.

3.2. Estudos Empíricos

Neste subcapítulo é descrita a metodologia referente a cada um dos quatro estudos empíricos que integram a presente tese.

3.2.1. Estudo 1. Visitas Livres a um Centro de Ciência (Artigo I)

3.2.1.1. Contexto das exposições

Este estudo decorreu no Pavilhão do Conhecimento (Lisboa). Este Centro de Ciência, inaugurado em Julho de 1999, constitui o núcleo de uma rede nacional de Centros Ciência Viva, criados pela Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica ("Agência Ciência Viva"), cujo principal objetivo é o de promover a disseminação de uma cultura científica e tecnológica entre todos os cidadãos, desenvolvendo inúmeras atividades de divulgação científica, tais como exposições temáticas, atividades lúdicas sobre ciência, palestras e debates sobre questões científicas atuais. O estudo foi conduzido em duas exposições temáticas. De acordo com Sandifer (1997), uma exposição temática é uma exposição que procura enquadrar o visitante num determinado quadro teórico, isto é, na qual os módulos expositivos estão inseridos num único "chapéu" conceptual.

Uma das exposições em análise foi uma exposição temporária, "Knojo! A ciência indiscreta do corpo humano", que se centrava no funcionamento do corpo humano. A outra exposição em análise foi uma exposição permanente, "Explora", que se centrava na capacidade de perceção do ser humano. Cada exposição apresentava um conjunto de módulos interativos que os visitantes podiam explorar por si mesmos. Os módulos interativos pretendem ser "minds-on" (e não só "hands-on", que apenas requerem manipulação física), permitindo ao visitante a exploração e o controlo de um ou mais parâmetros dos módulos e potenciando novas interações através do feedback dado pelo próprio módulo (Rennie & McClafferty, 1996).

A exposição temporária "Knojo! A ciência indiscreta do corpo humano" era composta por 16 módulos, centrados em diferentes aspetos do corpo humano. Estes

módulos pretendiam explorar tudo o que é mais "desconcertante" no corpo humano (ex. mau hálito, barulhos no estômago, cheiro a suor). A exposição permanente "Explora" era composta por 40 módulos interativos, centrados em fenómenos naturais e tendo como tema orientador a perceção humana. Estes módulos pretendiam promover a exploração dos fenómenos naturais e do dia-a-dia (ex. tornados, sombras, refração da luz). No decorrer deste trabalho, no decorrer das visitas escolares observadas, os alunos apenas interagiram com 13 destes módulos, pelo que os resultados apresentados apenas dizem respeito a esses 13 módulos.

Este centro de ciência tem um sítio na internet (http://www.pavconhecimento.pt) onde se presta informação acerca das exposições, nomeadamente a descrição de cada módulo presente em cada exposição. Além disso, este centro de ciência oferece aos professores a possibilidade de efetuarem uma visita prévia à exposição acompanhados por um monitor do centro. Durante a visita escolar, cada grupo tem um tempo pré-determinado, 30min, para visitar cada sala (exposição). No entanto, diferentes grupos escolares podem visitar a mesma exposição em simultâneo. O curso de cada visita é da total responsabilidade do professor. Os monitores, que estão sempre presentes em cada exposição, apenas interferem caso sejam solicitados nesse sentido por um dos visitantes (para fornecer alguma indicação acerca de um módulo), ou por razões disciplinares (quando algum aluno apresenta algum comportamento disruptivo).

3.2.1.2. Objetivos

O objetivo principal deste estudo é o de analisar o comportamento apresentado pelos alunos e pelos professores durante uma visita de estudo ao Pavilhão do Conhecimento. Mais especificamente, pretende-se responder às seguintes questões:

- De que forma os alunos interagem com a exposição, traduzido pelo tipo de interação que têm com os módulos da exposição, ao longo da visita;
- Qual o papel assumido pelos professores durante a visita;
- Qual o tipo de interações que os alunos têm com os colegas, com os professores e com os monitores durante a visita.

3.2.1.3. Recolha de dados

O estudo decorreu na exposição temporária "KNojo!" e na exposição permanente "Explora" e centrou-se no comportamento de alunos e professores no decorrer das visitas de estudo que se realizaram durante os meses de Janeiro a Março de 2008 (foram observadas 85 visitas de estudo). A observação foi não participante e estruturada (Gal et al., 2007; Merriam, 1988)

Numa primeira fase procedeu-se a observações livres (*ad libitum*) dos comportamentos apresentados pelos alunos e pelos professores, em que foram registados e descritos todos os comportamentos observados ao longo da visita, com o objetivo de identificar o tipo de comportamento seguido pelos alunos e pelos professores na interação com os módulos da exposição e no decorrer da própria visita de estudo. Estas observações livres decorreram ao longo de 10 visitas de estudo de diferentes escolas e anos de escolaridade. Com base nessas observações foi possível discriminar um conjunto de categorias comportamentais (ver secção dos resultados).

Numa segunda fase, foram efetuadas observações focadas, em 75 visitas de estudo de diferentes escolas e anos de escolaridade, utilizando-se registos contínuos e cronometrados dos comportamentos apresentados pelo sujeito selecionado. No início de uma visita escolar, quando o grupo entrava na sala de exposições, um dos participantes (aluno ou professor) era selecionado aleatoriamente e o seu comportamento ia sendo registado até ao fim da visita naquela exposição (30 min.) (o que corresponde a uma sessão de observação). Em cada sessão de observação foi registada a frequência e a duração de cada categoria comportamental pré-definida (na fase anterior). A informação recolhida foi a seguinte:

- Tempo de interação com cada módulo.
- Tipo de comportamentos (categoria comportamental pré-definida) realizados na interação com cada módulo.
- Interações pessoais com outros participantes na visita (colegas, professor, monitor).

– Duração de tempo em que não está envolvido com a visita de estudo propriamente dita (mantém-se afastado dos módulos; permanece sentado, etc.) (apenas para os professores).

Adicionalmente, no fim de cada visita escolar foi solicitado a todos os professores que acompanhavam a visita de estudo, que respondessem no local a um pequeno questionário (ver Apêndice C), para se averiguar os seguintes aspetos: a opinião do professor sobre o interesse e a relevância da exposição (escala de Likert com cinco itens; os itens variam entre o valor 1, muito mau, e o valor 5, muito bom); o tipo de contacto prévio efetuado com o centro de ciência (questões de sim ou não); quais os objetivos daquela visita de estudo (pergunta aberta).

3.2.1.4. Participantes

Este estudo envolveu um total de 52 alunos, no decorrer de visitas escolares à exposição temporária (30 alunos) e à exposição permanente (22 alunos). Os alunos pertenciam aos seguintes anos de escolaridade: 1º ciclo do ensino básico (18 alunos), 2º ciclo do ensino básico (cinco alunos), 3º ciclo do ensino básico (27 alunos), ensino secundário (11 alunos). Adicionalmente, foram também envolvidos neste estudo 23 professores: 11 enquanto acompanhavam uma visita de estudo à exposição temporária e 12 enquanto acompanhavam uma visita de estudo à exposição permanente (oito professores do 1º ciclo, 10 professores do 2º ciclo e cinco professores do 3º ciclo). No que diz respeito aos questionários, foram inquiridos 23 professores (ver quadro 2).

Quadro 2.
Distribuição dos participantes segundo o ano de escolaridade.

	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Secundário
Observação de professores	8	10	5	---
Observação de alunos	18	5	27	11
Questionário aos professores(*)	11	---	12	---

(*) A amostra diz respeito apenas aos professores que aceitaram responder ao questionário.

3.2.2. Estudo 2. Visitas guiadas a um Aquário (Artigo II)

3.2.2.1. Contexto da exposição

Este estudo foi conduzido no Aquário Vasco da Gama, inaugurado em Maio de 1898 (http://aquariovgama.marinha.pt/PT/Pages/homepage.aspx). Esta instituição inclui duas secções diferentes, um espaço museológico e um espaço com aquários (espécimes vivos). A instituição oferece às escolas duas possibilidades de visita, não guiadas e guiadas. Nas visitas não guiadas é o professor a assumir a total responsabilidade de organizar e orientar a visita de estudo. Nesse sentido, a instituição encoraja o professor a consultar as informações sobre o aquário disponibilizadas no *site* da instituição e/ou a efetuar um contacto prévio com o serviço educativo do Aquário. As visitas guiadas, nas quais é um monitor a assumir a orientação do grupo de alunos durante toda a visita, centram-se sobre uma temática específica, de alguma forma relacionada com as temáticas trabalhadas nas escolas, nos diferentes anos de escolaridade. Estas visitas guiadas têm a duração de cerca de 1h e incluem sempre uma pequena apresentação multimédia, no início ou no fim da visita (com a duração de cerca de 10-15min.).

3.2.2.2. Objetivos

O principal objetivo deste estudo foi o procurar compreender qual o papel assumido pelos professores e pelos alunos durante as visitas de estudo guiadas a um museu de ciência, e analisar as suas perspetivas acerca da visita. Mais especificamente pretendeu-se:

- Analisar o comportamento dos alunos, dos professores e dos monitores durante uma visita escolar guiada ao Aquário, nomeadamente analisar o tipo de interações estabelecidas entre os diferentes intervenientes.
- Compreender as perspetivas dos diferentes intervenientes (monitor, professor e alunos) acerca da forma como decorreu a visita.
- Identificar as razões que levam os professores a participar em visitas de estudo guiadas a um museu de ciências.

3.2.2.3. Recolha de dados

Este estudo centrou-se na observação do comportamento dos alunos, dos professores e do monitor durante as visitas de estudo guiadas ao Aquário (foram observadas 49 visitas guiadas). O principal objetivo da observação foi o de obter informações em primeira-mão acerca da forma como as visitas de estudos decorriam, qual era o comportamento de cada um dos intervenientes e que tipo de interações se estabeleciam (primeiro objetivo). A observação foi não-participante e estruturada (Gal et al., 2007; Merriam, 1988). Numa primeira fase foram efetuadas observações livres (*ad libitum*), com o objetivo de identificar o tipo de comportamentos realizados pelos intervenientes (alunos, professor e monitor) e para estabelecer o protocolo de observação a ser seguido nas sessões de observação subsequentes. Nesta fase foram observadas 10 visitas de estudo guiadas. Com base nas observações livres os comportamentos observados foram organizados segundo as seguintes categorias:

1) Comportamento dos alunos

- "Atento ao guia": esta categoria inclui todos os comportamentos nos quais os alunos se mantinham na proximidade do guia, observando o que o guia ia indicando;
- "Observar outro aquário": esta categoria inclui todos os comportamentos nos quais os alunos se encontravam a observar um aquário diferente daquele indicado pelo guia, procurando informação acerca dele;
- "Brincadeira": esta categoria inclui todos os comportamentos nos quais os alunos não se encontravam a observar qualquer aquário. Em geral encontravam-se a interagir com outros colegas de uma forma não conforme com a visita (batendo no outro, conversando acerca de algo não relacionado com a visita, tirando fotografias entre si).

2) Tipo de interação

- Aluno-aluno: quando um aluno pergunta algo ou informa um colega acerca de um assunto relacionado com a visita;
- Aluno-guia: quando um aluno pergunta algo ou informa o guia acerca de um assunto relacionado com a visita;

- Aluno-professor: quando um aluno pergunta algo ou informa o professor acerca de um assunto relacionado com a visita;
- Professor-guia: quando um professor pergunta algo ou informa o guia acerca de um assunto relacionado com a visita.

3) Posição relativa dos alunos e do professor
- Na vizinhança do aquário onde se encontra o guia
- Num aquário diferente e afastado daquele onde se encontra o guia

Numa segunda fase, foram efetuadas observações estruturadas (em 39 visitas de estudo). No início de cada visita escolar, quando o grupo entrava no Aquário, o observador juntava-se ao grupo e iniciava a sessão de observação, após ser solicitada autorização ao professor responsável.

Em cada sessão de observação, que só terminava no fim da visita de estudo, o observador iniciava um registo contínuo com o objetivo de descrever o comportamento de todos os intervenientes (alunos, professor e monitor) e o de registar a natureza das questões levantadas pelo guia. Para esta análise as questões foram codificadas como questões abertas, relacionadas com conceitos biológicos abrangentes, ou questões fechadas, relacionadas com aspetos específicos dos espécimes observados ou questões que apresentam respostas pré-determinadas e curtas. Durante este período de observação, foram registados todos os tipos de interação (aluno-aluno, aluno-professor, aluno-monitor e professor-monitor). Adicionalmente, a cada 5min., foi efetuada uma observação de varrimento, na qual foi registada a posição de cada aluno e do professor, relativamente ao monitor (posição relativa), e o tipo de envolvimento de cada aluno na visita (comportamentos discriminados na categoria “comportamento dos alunos”).

Durante o período em análise (Outubro de 2007 a Março de 2008) foi também entregue um questionário a cada professor participante em qualquer visita guiada (Apêndice D) ao Aquário, sendo solicitado o seu preenchimento e devolução após a realização da visita. No caso das visitas guiadas que foram acompanhadas pelo observador, foi também solicitado a cinco alunos participantes na visita, escolhidos aleatoriamente, o preenchimento de um questionário (Apêndice E) após a realização da

visita. O objetivo da aplicação de cada questionário foi o de auscultar a opinião de cada interveniente, professor ou aluno, relativamente aos seguintes aspetos (objetivo 2):

No caso do professor

- Qualidade da visita, em termos do tema apresentado e recursos expostos (escala de Likert com cinco itens; os itens variam entre o valor 1, muito mau, e o valor 5, muito bom)
- Valor pedagógico da visita (escala de Likert com cinco itens; os itens variam entre o valor 1, muito mau, e o valor 5, muito bom)
- Desenvolvimento da visita, em termos de duração, adequação aos participantes e apresentação multimédia (questões de sim/não)

Procurou-se também averiguar quais os objetivos que orientavam cada visita e de que forma eram integrados no trabalho escolar por parte do professor responsável pela visita (questões de resposta múltipla e questões abertas).

No caso do aluno

- Interesse da visita, em termos de recursos expostos e ligação com aspetos abordados na escola (escala de Likert com cinco itens; os itens variam entre o valor 1, muito mau, e o valor 5, muito bom)
- Promoção ou não de divertimento (questões de sim/não)
- Sugestões (questões abertas)

No fim de cada visita acompanhada pelo observador, foram ainda ministrados questionários aos monitores (Apêndice F) que acompanharam a visita com o objetivo de averiguar quais as principais dificuldades sentidas no decorrer das mesmas (questões de sim/não e questões abertas) (objetivo 2). No sentido de obter uma compreensão mais aprofundada acerca da perspetiva dos educadores, foi realizada uma entrevista à responsável pelo serviço educativo do Aquário Vasco da Gama (Apêndice G).

Finalmente, com o objetivo de adquirir uma compreensão mais aprofundada acerca das ideias que os professores têm no que diz respeito às visitas de estudo a

museus e centros de ciência (objetivo 3), foi solicitado àqueles professores que concordaram em participar no estudo (tendo para isso fornecido o seu endereço de e-mail), que preenchessem um questionário *online* (Apêndice H), no qual eram questionados acerca da sua opinião sobre o papel que os museus e centros de ciência podem desempenhar na aprendizagem das ciências, quais as diferenças e semelhanças entre as visitas guiadas e não-guiadas, e quais as ações normalmente desenvolvidas para promover a ligação das aprendizagens efetuadas na visita de estudo com as aprendizagens em sala de aula (questões de escolha múltipla e questões abertas).

3.2.2.4. Participantes

Neste estudo foram observadas 39 visitas guiadas: 13 com alunos do 1º ciclo do ensino básico, 12 com alunos do 2º ciclo do ensino básico, e duas com alunos do 3º ciclo do ensino básico (ver quadro 3).

Durante o período em análise responderam ao questionário, distribuído no fim de cada visita, 145 professores (provenientes de 101 escolas). A maioria dos grupos escolares pertencia a escolas provenientes do distrito de Lisboa (72%). As restantes escolas distribuíram-se pelos seguintes distritos (ver figura 1).

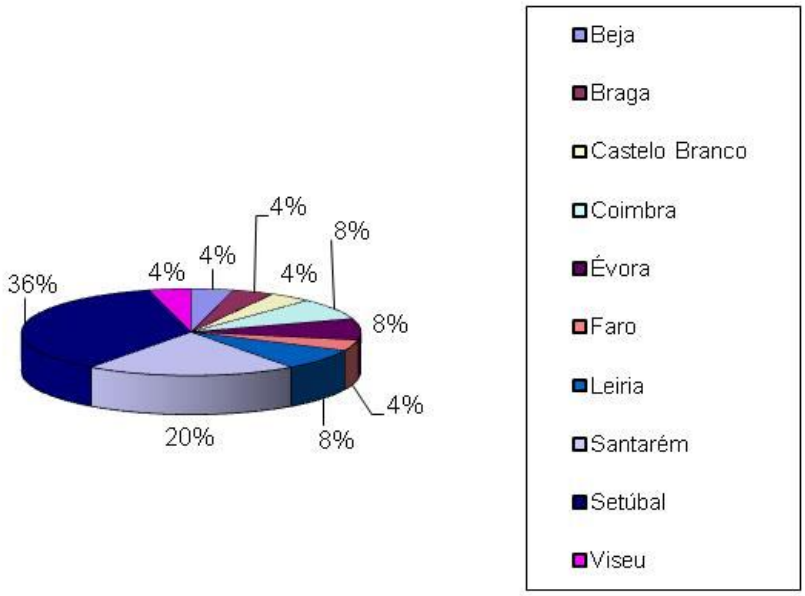


Figura 1. Distribuição das escolas provenientes de fora do distrito de Lisboa.

Em relação aos alunos, 191 alunos responderam ao questionário dirigido aos alunos (100 rapazes e 91 raparigas): 114 alunos do 1º ciclo, 59 do 2º ciclo, 2 do 3º ciclo e 14 do ensino secundário (ver quadro 3).

Finalmente, os três monitores (no qual se inclui a responsável pelo setor educativo da instituição) que acompanham visitas guiadas ao Aquário responderam ao questionário, no final das 39 visitas guiadas observadas.

Quadro 3.
Distribuição dos professores segundo o ano de escolaridade.

	Educadores	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Secundário
Observação de visitas guiadas	---	13	12	2	---
Questionário aos professores	17	63 (*5)	40 (*3)	10 (*3)	15
Questionário aos alunos	---	114	59	2	5

(*n) Número de professores que responderam também ao questionário *online*

3.2.3. Estudo 3. Avaliação de um Curso de Formação de Professores nos recursos de um CCV (Artigo III)

3.2.3.1. Enquadramento do programa de formação

Este estudo decorreu no Centro Ciência Viva da Amadora, criado em 2003 (http://amadora.cienciaviva.pt/home), um espaço interativo de ciência e tecnologia. Este Centro de Ciência integra-se na rede nacional de centros ciência viva, criados pela Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica ("Ciência Viva"), cujo principal objetivo é o de promover a disseminação de uma cultura científica e tecnológica entre todos os cidadãos.

O contexto deste estudo foi um programa de formação para a utilização dos Museus e Centros de Ciência como Centros de Recursos para o Ensino Experimental das Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico. Este programa foi proposto pelo Pavilhão do Conhecimento Ciência Viva no ano letivo de 2007/2008, tendo sido concretizado no

CCVA no ano letivo 2008/2009 pela primeira vez. O plano apresentado destina-se a professores do 1º Ciclo, e tem como objetivos:

- Explorar as diversas formas de interação entre escolas e museus ou centros de ciência.
- Explorar quais as aprendizagens possíveis através das visitas a exposições.
- Explorar os diferentes tipos de atividades a desenvolver com os alunos antes, durante e após as visitas a museus e centros de ciência.
- Conceber e produzir materiais educativos e atividades experimentais necessários à preparação dessas visitas.
- Potencializar a utilização da Internet para a preparação, condução e apoio a visitas escolares a museus e centros de ciência.

Este programa inclui 16 horas presenciais (quatro sessões teóricas de 4 horas cada) e 10 horas não-presenciais (produção de um portefólio e duas visitas a um Centro Ciência Viva). Este curso é creditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua de Professores.

3.2.3.2. Objetivos

Com este estudo pretendeu-se avaliar quais os impactes que um curso de formação para professores oferecido por um Centro de Ciência (CCVA) tem na promoção e apoio à organização de visitas escolares aos centros de ciência por parte dos professores de ciências.

Os principais objetivos deste estudo foram:

- Descrever e avaliar o curso de formação.
- Analisar o impacte do curso de formação na organização de visitas de estudo ao centro de ciência por parte dos professores-formandos, ao nível:
  - Do papel assumido pelo professor durante a visita.
  - Das atividades propostas aos alunos.
- Analisar o impacte da ação de formação na relação dos professores com os centros ciência em termos de atividades futuras.

3.2.3.3. Recolha de dados

Com o objetivo de descrever o programa de formação, foram efetuadas observações livres, naturalistas (Gal et al., 2007; Merriam, 1988) de todas as sessões presenciais, de duas turmas diferentes, com o objetivo de registar os temas trabalhados, as dúvidas surgidas e o trabalho desenvolvido.

Com o objetivo de analisar o impacte que o programa teve na organização e implementação, por parte dos professores, de visitas de estudo a um centro de ciência, foram também efetuadas observações livres às visitas de estudo organizadas pelos professores participantes no curso, para obter informação acerca da forma como é organizada a visita, o papel assumido pelo professor e o envolvimento dos alunos. Foram observadas sete visitas de estudo.

Com o objetivo de analisar o impacte do curso de formação na relação dos professores com os centros ciência em termos de atividades futuras, foi aplicado um questionário *online* (ver Apêndice I) a todos os professores participantes no curso, no sentido de se obter informação acerca da sua opinião sobre a pertinência e adequação da ação proposta e os seus efeitos na organização de futuras visitas de estudo (questões de escolha múltipla e questões abertas).

Toda a informação obtida foi triangulada, com base nas diferentes fontes utilizadas, de forma a se efetuar uma avaliação do curso de formação segundo os seguintes critérios:

- Pertinência (o projeto enquadra-se nas necessidades de formação dos professores e responde a problemas reais).
- Eficácia (os resultados atingidos correspondem aos objetivos específicos definidos).
- Eficiência (os meios e os recursos utilizados são os mais adequados).

3.2.3.4. Participantes

Este estudo envolveu um conjunto de 38 professores que frequentaram o curso de formação. Todos os professores lecionavam o 1º ciclo: 10 professores encontravam-se a lecionar o 1º ano; sete lecionavam o 2º ano; cinco lecionavam o 3º ano; e 12 encontravam-se a lecionar o 4º ano. Além disso, três dos participantes eram, na altura da

frequência do curso, responsáveis pela ocupação de tempos livres, e um dos professores apresentava uma formação em Educação Especial.

3.2.4. Estudo 4. Planeamento, Implementação e Avaliação de uma Proposta de Atividade na Escola e no Museu (Artigo IV)

3.2.4.1. Atividade Proposta: Um Rei que se tornou Pioneiro da Oceanografia em Portugal

As atividades desenvolvidas fazem parte de um projeto Europeu cuja finalidade foi a de estudar os efeitos, na aprendizagem da ciência, da inclusão da história e filosofia da ciência no ensino das ciências (HIPST – History and Philosophy of Science in Science Teaching) (ver descrição da atividade na secção dos resultados; esta atividade encontra-se disponível no seguinte *site*: http://hipstwiki.wetpaint.com/page/King+D+Carlos%2C+a+naturalist+oceanographer)

3.2.4.2. Objetivos

Este estudo teve como principais objetivos:

- Criar e avaliar um conjunto de atividades de ciência, baseadas em aspetos da história da ciência.
- Analisar o impacte nos alunos destas atividades, nomeadamente ao nível da promoção do interesse pelas ciências e na compreensão de alguns aspetos sobre a natureza da ciência.
- Analisar o potencial destas atividades na promoção de uma maior colaboração entre as escolas e o Aquário Vasco da Gama.

3.2.4.3. Recolha dos dados

Foram aplicados vários métodos de recolha de dados com o objetivo de avaliar a efetividade e aplicabilidade das atividades propostas. Todas as sessões (de sala de aula e no Aquário Vasco da Gama) foram audio- e vídeo-gravadas. O comportamento dos alunos foi registado por um dos investigadores (a autora do presente trabalho) num

contexto de observação participante, não estruturada (Gal et al., 2007). Todos os documentos produzidos pelos alunos (respostas às folhas de atividade) foram sujeitos a análise de conteúdo (Milles & Huberman, 1994). A professora foi entrevistada (Apêndice J) no sentido de permitir a caracterização da turma envolvida e conseguir uma maior compreensão acerca das estratégias de trabalho normalmente desenvolvidas com a turma.

Aquando da conclusão das atividades, os alunos responderam a um questionário (ver Apêndice L) com o objetivo de identificar as suas perceções relativamente às atividades desenvolvidas. O questionário foi adaptado de um questionário desenvolvido no âmbito de um projeto Europeu, PARSEL- Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy (www.parsel.eu). O questionário contém 20 questões, tendo sido utilizada uma escala de Likert de 5 itens para registar a intensidade da resposta. Os itens variam entre o valor 1, totalmente de acordo, e o valor 5, totalmente em desacordo. As questões são organizadas segundo cinco dimensões: perspetiva geral acerca do ensino das ciências e da importância do ensino da história de ciência; popularidade das atividades; perceção acerca da relevância da atividade de desenho biológico; perceção acerca da relevância da integração da história da ciência nestas atividades; perceção acerca da promoção de competências cognitivas pelas atividades desenvolvidas. Os dados do questionário foram submetidos a uma análise estatística descritiva.

Para além do questionário, um aluno de cada grupo de trabalho (cinco grupos), escolhido pelos colegas, foi entrevistado em grupo (entrevista em grupo focado) (Patton, 2002), com o objetivo de se aprofundar e clarificar as suas perspetivas relativamente às seguintes dimensões: popularidade e relevância deste tipo de trabalho para a aprendizagem das ciências; relevância do tema científico abordado; relevância da abordagem histórica e seu impacte nas ideias acerca da natureza da ciência (Apêndice M). As entrevistas foram audio- e vídeo-gravadas, tendo sido posteriormente transcritas e sujeitas a análise de conteúdo (Milles & Huberman, 1994). As categorias de análise utilizadas emergiram pela procura dos diferentes significados presentes nas respostas, tendo, no entanto, sido baseadas no contexto teórico que fundamentou o próprio estudo. Foram consideradas as seguintes categorias: 1) popularidade das atividades; 2)

relevância das atividades para a aprendizagem das ciências. Esta segunda categoria foi analisada considerando três aspetos diferentes: aquisição de conhecimento científico; promoção de competências cognitivas; compreensão acerca da natureza da ciência.

Os dados recolhidos segundo os diferentes instrumentos utilizados (observação, respostas dos estudantes às folhas de atividade, questionários e entrevistas) foram cruzados de forma a assegurar a fiabilidade da análise e para se obter uma visão mais aprofundada das perceções e experiências dos alunos.

3.2.4.4. Participantes

As atividades foram aplicadas numa escola secundária, no decorrer do trabalho regular das aulas de ciências, por um período de um mês (Fevereiro de 2009). Os participantes pertenciam a uma turma do 10º ano de escolaridade (15 a 16 anos de idade), composta por 28 alunos, 20 rapazes e oito raparigas, de uma escola suburbana de Lisboa. De acordo com a professora de Biologia, estes alunos já realizavam regularmente atividades práticas (*sensu* Hodson, 1996) e de pesquisa no âmbito da sua atividade de sala de aula. Além disso, esta turma já tinha realizado um certo número de visitas de estudo a museus e centros de ciência, assim como visitas ao exterior (trabalho de campo). A única atividade descrita pela professora como sendo relacionada com a história da ciência, foi uma pesquisa realizada pelos alunos no início do ano letivo, acerca do trabalho de um cientista escolhido por eles, selecionado a partir dos cientistas referidos no seu manual escolar. Todos os alunos estavam familiarizados com a utilização de computadores em sala de aula e a realização de pesquisas na Internet. Para o desenvolvimento das atividades, que foram realizadas com o apoio do professor, os estudantes foram divididos em cinco grupos, com quatro a sete alunos cada. A sala de aula onde decorreram as atividades estava equipada com cinco computadores, um para cada grupo.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos quatro estudos empíricos que integram a presente tese, nomeadamente a análise e discussão de visitas escolares livres a um centro de ciência (Estudo 1), de visitas escolares guiadas a um aquário (Estudo 2), a análise de um curso de formação de professores oferecido por um centro de ciência e das respetivas visitas orientadas pelos professores-formandos (Estudo 3) e o planeamento, implementação e avaliação de uma proposta de atividade de exploração da história da ciência a ser implementada na escola e no Aquário (Estudo 4).

4.1. Estudo 1. Visitas Livres a um Centro de Ciência (Artigo I)

Neste estudo 1, este capítulo encontra-se dividido em três secções. As duas primeiras secções correspondem à apresentação dos resultados, que se encontram organizados segundo a sua origem, isto é, dados obtidos pela observação e dados obtidos nas entrevistas aos professores. Os dados relativos à análise das observações são, numa primeira fase, apresentados em separado para cada uma das exposições analisadas, a exposição temporária e a exposição permanente, e numa segunda fase é apresentado um resumo comparativo entre as duas exposições. Por último, todos os dados obtidos são discutidos de uma forma integrada.

Alguns estudos têm apontado para a utilização do tempo de manipulação e do tipo de comportamento apresentado na manipulação dos módulos expositivos como indicadores de presença ou ausência de envolvimento cognitivo (Boisvert & Slez, 1994, 1995; Falk, 1983b; MacManus, 1987; Sandifer, 1997, 2003). Neste trabalho ir-se-á utilizar o conjunto dos dois indicadores para permitir diferenciar um envolvimento mais comportamental, relacionado com a mera manipulação física dos módulos (do tipo "hands-on"), de um envolvimento mais cognitivo, relacionado com a tentativa de

compreender os fenómenos que são traduzidos pelos módulos expositivos (do tipo "minds-on").

Os 29 módulos incluídos neste trabalho (16 da exposição "KNojo!" e 13 da exposição "Explora") foram classificados de acordo com a tipologia proposta por Stocklmayer e Gilbert (2002), que classificaram os módulos interativos em duas grandes categorias: "exemplificativos de um fenómeno" e "baseados numa analogia". No caso da primeira categoria, os módulos representam um exemplo idealizado de um fenómeno do mundo real, tendo como principal objetivo proporcionar a vivência direta desse fenómeno. Essa vivência poderá ser proporcionada diretamente pelos sentidos ou envolve a interpretação de informações recolhidas através de um instrumento (que irá efetuar algum tipo de conversão dos dados). No caso dos módulos baseados em analogias, estes constituem-se como uma representação analógica de um modelo cientificamente aceite de um determinado fenómeno. A similaridade entre esta representação e o fenómeno pode ser ao nível da estrutura, da função, ou envolver ambos os níveis (Stocklmayer & Gilbert, 2002). No que diz respeito aos 29 módulos incluídos neste trabalho (ver descrição e classificação dos módulos no Apêndice N), verificou-se que a grande maioria se classifica como módulos "exemplificativos de um fenómeno revelado pelos sentidos" (15 em 16 módulos no caso da exposição temporária; 8 em 13 módulos na exposição permanente). Apenas três módulos foram classificados como "baseados numa analogia" (1 na exposição temporária e 5 na exposição permanente).

4.1.1. Análise das Observações

No início da visita, quando o grupo escolar entra na sala de exposições, o monitor do centro informa os alunos acerca de algumas regras gerais de comportamento. Refere o facto de cada grupo ter cerca de 30min para permanecer em cada sala de exposições, e o facto de as exposições serem interativas, o que significa que os alunos podem manipular como quiserem cada um dos módulos presentes. Também os informa da presença de um monitor em cada sala que poderá responder a qualquer dúvida acerca dos módulos.

Pede-lhes também que não corram, nem gritem pelo facto de haver sempre várias turmas a visitar a mesma exposição simultaneamente. Apesar deste aviso, mal entram na sala os alunos dispersam rapidamente, na maior parte das vezes correndo em direção aos módulos.

Quando um aluno se aproxima de um módulo, normalmente apresenta uma das seguintes categorias comportamentais:

- Observar o módulo, sem o manipular ("observar").
- Permanecer na vizinhança do módulo, observando outro aluno a manipulá-lo ("observar outro").
- Ler as instruções do módulo ("ler").
- Manipular o módulo, sem ler as instruções e sem ver outro visitante a manipular o módulo ("manipular diretamente").
- Manipular o módulo apenas após observar outro visitante a manipulá-lo ("manipular após observar outro").
- Manipular o módulo apenas após ler as suas instruções ("manipular após ler").
- Explicar a outro colega como manipular o módulo, após ter feito a sua própria leitura ou manipulação ("explicar").

No caso dos professores, as categorias comportamentais observadas foram:

- Permanecer na vizinhança do módulo, observando um aluno a manipulá-lo ("observar outro").
- Ler as instruções do módulo ("ler").
- Manipular o módulo apenas após ler as suas instruções ("manipular após ler").
- Explicar a um aluno como manipular o módulo, após ter feito a sua própria leitura ou manipulação ("explicar").

4.1.1.1. Exposição temporária "KNojo!"

Para além da classificação dos módulos de acordo com a natureza da representação dos fenómenos em exibição (segundo Stocklmayer & Gilbert, 2002), os módulos desta exposição podem ainda ser organizados segundo o tipo de interação que promovem (Apêndice N com a descrição de cada módulo):

- Essencialmente lúdicos (módulos 6, 10, 11, 13 e 16), no qual o visitante é desafiado a entrar num jogo, de pergunta-resposta ou de mera perícia física, e que consistem em jogos de aplicação dos conhecimentos explorados ao longo da exposição;
- Essencialmente transmissivos (módulos 2, 4 e 15), no qual o visitante é convidado a ouvir determinada explicação (oral e/ou visual) acerca de diferentes temas;
- Essencialmente de descontração (módulos 7, 8 e 14), no qual o visitante é convidado a percorrer um determinado percurso;
- Essencialmente de observação (módulos 1 e 5), no qual o visitante é convidado a relacionar ou ativamente observar determinados aspetos não imediatamente visíveis;
- Essencialmente de manipulação (módulos 3, 9 e 12), no qual o visitante é convidado a manipular de forma repetida um determinado aparelho até conseguir um resultado esperado.

4.1.1.1.1. Tempo de permanência nos módulos da exposição

Sempre que os alunos de uma dada escola chegam à zona dos módulos, começam a caminhar em pequenos grupos, ou por vezes sozinhos, deslocando-se pela exposição e interagindo com cada módulo por períodos de tempo geralmente inferiores a 2min, exceto no módulo 10 ("Vamos jogar ao KNojo!"), em que o tempo médio de permanência se aproximou dos 5minutos (ver figura 2). Os módulos em que os alunos permanecem mais tempo são os módulos 2 ("O Sr. Narigudo Sá Betudo"), 10 ("Vamos jogar ao KNojo!"), 11 ("Ataque de Gases"), 13 ("Pelo nariz acima") e 16 ("Pacientes por favor"), o que se poderá justificar pela própria natureza dos módulos (todos eles são de natureza essencialmente lúdica, exceto o módulo 2 que constitui o módulo de entrada na exposição pelo que possivelmente retém a atenção dos alunos por algum tempo).

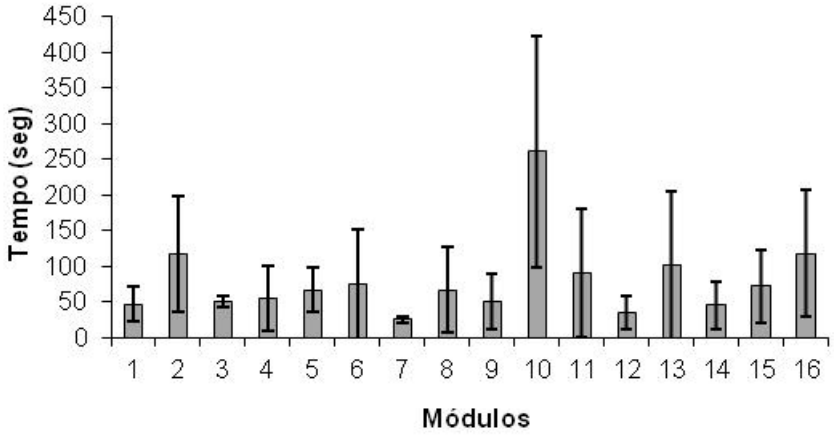


Figura 2. Exposição "KNojo!"; Tempo de permanência em cada módulo (média e desvio padrão). (1) = preparações ao microscópio (pertence ao módulo 2, "O Sr. Narigudo Sá Betudo"); (2) = módulo 2 ("O Sr. Narigudo Sá Betudo"); (3) = módulo 3 ("Ouve o teu corpo"); (4) = módulo 4 ("Espreita lá para dentro"); (5) = módulo 5 ("Cheiras mal"); (6) = módulo 6 ("O jogo do chichi"); (7) = módulo 7 ("Escorrega pelas entranhas"); (8) = módulo 8 ("Volta ao nariz"); (9) = módulo 9 ("O homem dos arrotos"); (10) = módulo 10 ("Vamos jogar ao KNojo!"); (11) = módulo 11 ("Ataque de gases"); (12) = módulo 12 ("Pum Pruum"); (13) = módulo 13 ("Pelo nariz acima"); (14) = módulo 14 ("Escalar a pele"); (15) = módulo 15 ("Centro de vómito"); (16) = módulo 16 ("Pacientes por favor"). Número total de interações observadas=209.

Considerando o total de módulos visitados por cada aluno, verificou-se que em média os alunos, interagem com cerca de 7 módulos durante o tempo da visita (dp=3.20; máximo=16 módulos; mínimo=3 módulos), com um tempo de permanência inferior a 1 minuto em cerca de 50% dessas interações. Apenas em cerca de 7% dos módulos visitados por cada aluno o tempo de permanência é superior a 5min (ver figura 3) (no caso dos módulos anteriormente referidos – módulos 2, 10, 11, 13 e 16 – todos eles de natureza essencialmente lúdica).

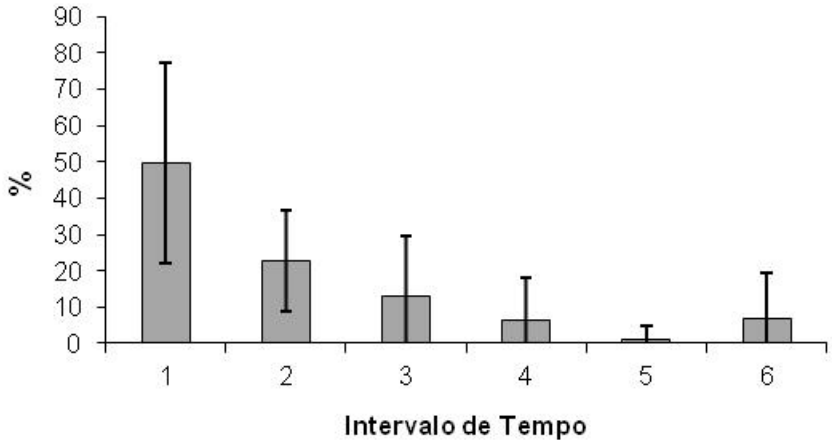


Figura 3. Exposição "KNojo!"; Frequência média dos diferentes tempos de permanência (média e desvio padrão). A frequência é calculada pela relação entre o número de visitas de determinada duração em relação ao total de módulos visitados por cada indivíduo. (1)=tempo de permanência inferior a 1minuto; (2)=tempo de permanência entre [1min, 2min[; (3)= tempo de permanência entre [2min, 3min[; (4)=tempo de permanência entre [3min, 4min[; (5)=tempo de permanência entre [4min, 5min[; (6)=tempo de permanência superior a 5minutos. Número total de interações observadas=209.

4.1.1.1.2. Tipo de interação com os módulos da exposição

A frequência de cada categoria comportamental observada nas interações dos alunos com os módulos da exposição é apresentada na figura 4. Verifica-se que o comportamento mais frequente é o de "Manipular diretamente" (38%), seguido do comportamento de "Observar" (28%) e "Observar outro" (24%). Os comportamentos quase nunca observados são os que estão associados à leitura das placas informativas de cada módulo, isto é, o de "Ler" e o de "Manipular após ler". Quanto ao comportamento "Explicar" nunca foi observado nesta exposição.

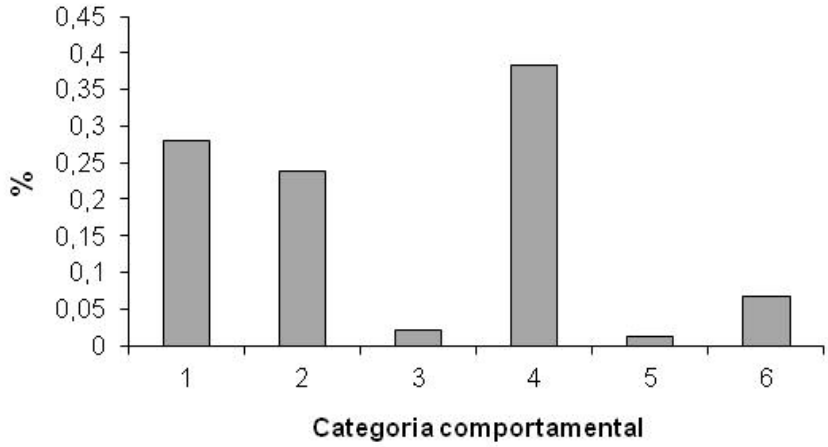


Figura 4. Exposição "KNojo!"; Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas. A frequência é calculada pela relação entre o número de vezes que determinada categoria comportamental é observada em relação ao total de comportamentos apresentados por cada indivíduo. (1)=Observar; (2)=Observar outro; (3)=Ler; (4)=Manipular diretamente; (5)=Manipular após ler; (6)=Manipular após observar outro. Total de comportamentos observados=251.

Comparando os comportamentos apresentados pelos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade (ver quadro 4) verifica-se que o padrão é muito semelhante entre si, exceto no caso dos alunos do 1º Ciclo em que o comportamento de "Manipular após observar outro" parece ter alguma representatividade ao contrário dos outros níveis de escolaridade (20% *versus* 2% a 6%). Neste caso o que se observou na maioria das vezes foi que os alunos observavam a explicação/demonstração da professora e depois iniciavam a manipulação do módulo. Em qualquer dos casos a manipulação realizada pelos alunos de todos os níveis e escolaridade parece ser mais física (do tipo "hands-on"), não apresentando indicadores de grande envolvimento cognitivo (do tipo "minds-on").

Quadro 4.
Comportamento dos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade.

Comportamentos	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Secundário
Observar	9 (20%)	23 (48%)	27 (25%)	11 (22%)
Observar outro	9 (20%)	8 (17%)	27 (25%)	16 (31%)
Ler	0	0	5 (5%)	0
Manipular diretamente	18 (40%)	14 (29%)	43 (40%)	21 (41%)
Manipular após ler	0	0	3 (3%)	0
Manipular após observar outro	9 (20%)	3 (6%)	2 (2%)	3 (6%)
Total	45	48	107	51

Em relação ao comportamento apresentado pelos professores ao longo da visita (ver figura 5) verifica-se que na maioria dos casos, os professores se vão deslocando pelos vários módulos, observando as interações dos alunos com os módulos ou lendo em silêncio as placas informativas, sendo os comportamentos mais observados o de "Observar outro" (38%) e o de "Ler" (49%). Contrariamente aos alunos, o comportamento menos frequente é o de "Manipular" (3%). Por outro lado, verifica-se que os professores se encontram muitas vezes alheados da própria visita (sentando-se, conversando uns com os outros, ou mesmo ausentando-se da sala). Do total de sessões de observação efetuadas aos professores (n=11), verificou-se que o professor permaneceu alheado da visita de estudo propriamente dita durante 40% do tempo total da visita (dp=0.38; máximo=100%; mínimo=0%).

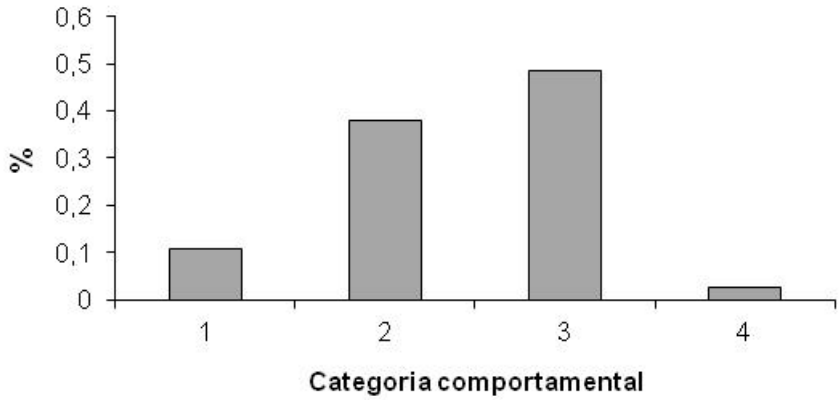


Figura 5. Exposição "KNojo!": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos professores. A frequência é calculada pela relação entre o número de determinada categoria comportamental em relação ao total de comportamentos apresentados por cada indivíduo. (1)=Explicar; (2)=Observar outro (aluno); (3)=Ler; (4)=Manipular após ler. Total de comportamentos observados=87.

Em relação às interações dos alunos entre si e com os professores e os monitores observou-se que os alunos: (i) apresentam inúmeras interações entre si, explorando os módulos em conjunto e chamando-se uns aos outros para observar certos módulos (95% das interações); (ii) pelo contrário, apresentam muito poucas interações, ou nenhumas, com os professores e os monitores (5% das interações). Tanto os professores como os próprios monitores regra geral, quase só intervêm para manter a disciplina.

4.1.1.2. Exposição permanente "Explora"

Para além da classificação dos módulos de acordo com a natureza da representação dos fenómenos em exibição, os módulos desta exposição analisados neste trabalho podem ainda ser classificados segundo a visibilidade da interferência que a sua manipulação provoca, i.e., módulos "discretos", em que a manipulação se traduz em efeitos pouco visíveis (módulos 2, 3, 4, 6, 7, 13), e módulos "espetaculares", cuja manipulação provoca um efeito intenso e consequentemente muito visível, ou uma gama de efeitos diversificada (módulos 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12).

4.1.1.2.1. Tempo de permanência nos módulos da exposição

Também nesta exposição os alunos vão-se deslocando pelos módulos, visitando-os por períodos de tempo inferiores a 2min (em 50% dos módulos chegam mesmo a apresentar tempos de permanência inferiores a 1min), exceto no módulo 8 ("Paisagem eólica") em que o tempo médio de permanência é um pouco superior a 2min (figura 6) (provavelmente a diferença observada prende-se com a própria característica do módulo, já que o fenómeno representado necessita de algum tempo para se manifestar). Os módulos em que os alunos permanecem mais tempo são os módulos 1 ("Tornado"), 8 ("Paisagem eólica"), 9 (Ecrã de alfinetes), 10 ("Corpúsculos do olho), 11 ("Corda vibrante") e 12 ("Película de sabão"). Todos estes módulos se encontram na categoria dos módulos "espetaculares", ou seja, são todos módulos cuja manipulação provoca um resultado extremamente visível e contrastante.

Considerando o total de módulos visitados por cada aluno, verifica-se que em média cada aluno interage com cerca de 9 módulos durante o tempo de visita (dp=4.30; máximo=13 módulos; mínimo=1 módulo), com um tempo de permanência junto do módulo inferior a 1min em cerca de 59% dos módulos. Apenas em cerca de 3% dos módulos visitados por cada aluno o tempo de permanência é superior a 5min (figura 7) (caso dos módulos anteriormente referidos).

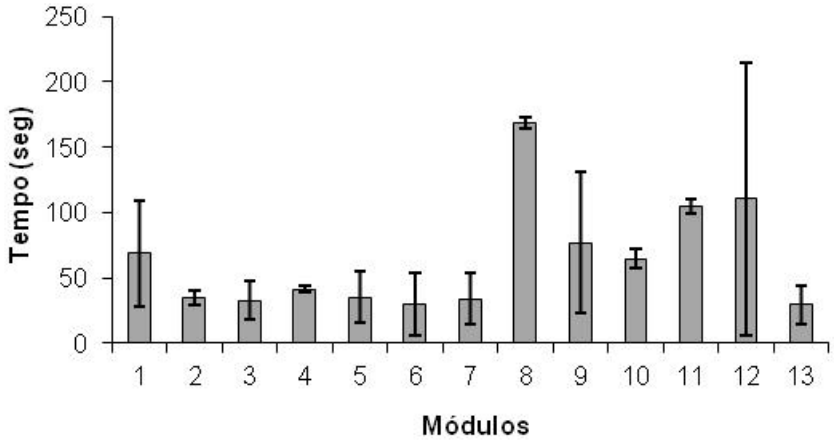


Figura 6. Exposição "Explora"; Tempo de permanência em cada módulo (média e desvio padrão). (1) = módulo 27 ("Tornado"); (2) = módulo 35 ("Ora jovem ora velha"); (3) = módulo 21 ("Pêndulo caótico"); (4) = módulo 17 ("Ponto esbatido"); (5) = módulo 23 ("Tempestade fluvial"); (6) = módulo 20 ("Onda estacionária"); (7) = módulo 26 ("Disco de Benham"); (8) = módulo 22 ("Paisagem eólica"); (9) = módulo 24 ("Ecrã de alfinetes"); (10) = módulo 9 ("Corpúsculos do olho"); (11) = módulo 40 ("Corda vibrante"); (12) = módulo 31 ("Película de sabão"); (13) = módulo 8 ("Pupila). Número total de interações observadas=192.

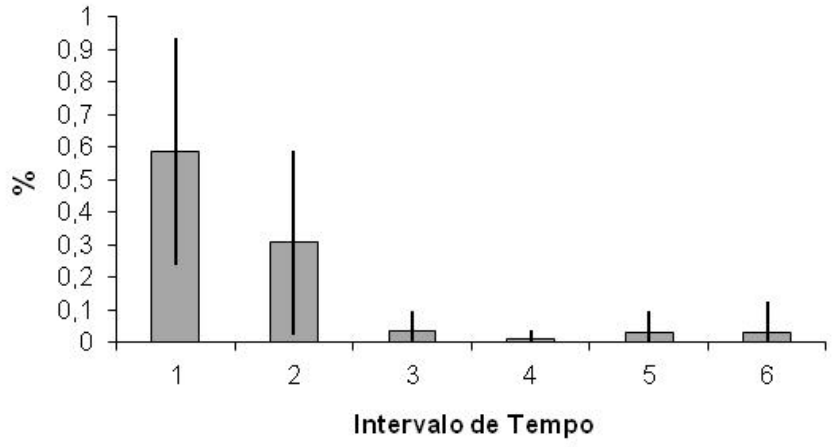


Figura 7. Exposição "Explora"; Frequência média dos diferentes tempos de permanência (média e desvio padrão). A frequência é calculada pela relação entre o número de visitas de determinada duração em relação ao total de módulos visitados por cada indivíduo. (1)=tempo de permanência inferior a 1minuto; (2)=tempo de permanência entre [1min, 2min[; (3)= tempo de permanência entre [2min, 3min[; (4)=tempo de permanência entre [3min, 4min[; (5)=tempo de permanência entre [4min, 5min[; (6)=tempo de permanência superior a 5minutos. Número total de interações observadas=192.

4.1.1.2.2. Tipo de interação com os módulos da exposição

As categorias comportamentais observadas nas interações dos alunos com os módulos da exposição são apresentadas na figura 8. Verifica-se que o comportamento mais frequente é o de "Manipular diretamente" (31%), seguido do comportamento de "Ler" (23%) e "Manipular após ler" (15%). Os comportamentos quase nunca observados são os de "Explicar" (2%) e "Manipular após ver" (2%).

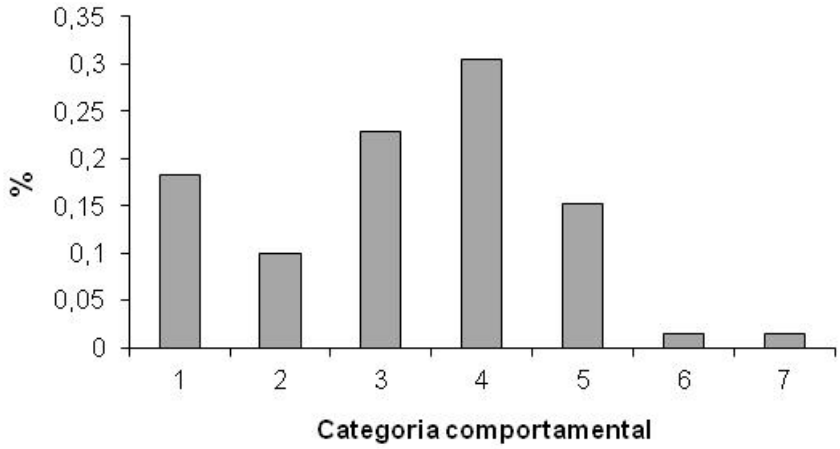


Figura 8. Exposição "Explora": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos alunos. A frequência é calculada pela relação entre o número de determinada categoria comportamental em relação ao total de comportamentos apresentados por cada indivíduo. (1)=Observar; (2)=Observar outro; (3)=Ler; (4)=Manipular diretamente; (5)=Manipular após ler; (6)=Manipular após ver; (7)=Explicar. Total de comportamentos observados=262.

Comparando os comportamentos apresentados pelos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade (ver quadro 5) verifica-se que o padrão apresentado é bastante diferenciado. Os alunos do 1º Ciclo apresentam um comportamento mais passivo, sendo os comportamentos mais frequentes "Observar outro" (57%) e "Observar" (15%). No caso do 3º Ciclo, o comportamento mais frequente é o de "Observar" (46%) seguido do de "Manipular diretamente" (40%). No caso do Secundário, já se observa um envolvimento mais ativo por parte dos alunos, sendo os comportamentos mais frequentes "Ler" (39%), "Manipular diretamente" (30%) e

"Manipular após Ler" (25%), ou seja os alunos mais novos parecem realizar uma manipulação mais física ("hands-on") comparativamente com os alunos mais velhos, que apresentam comportamentos indicadores de um maios envolvimento cognitivo ("minds-on").

Quadro 5.
Comportamento dos alunos segundo os diferentes níveis de escolaridade.

Comportamentos	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Secundário
Observar	4 (15%)	--	40 (46%)	4 (3%)
Observar outro	16 (57%)	--	8 (9%)	2 (1%)
Ler	2 (7%)	--	0	58 (39%)
Manipular diretamente	2 (7%)	--	34 (40%)	44 (30%)
Manipular após ler	0	--	4 (5%)	36 (25%)
Manipular após ver	2 (7%)	--	0	2 (1%)
Explicar	2 (7%)	--	0	2 (1%)
Total	28	0	86	148

Em relação ao comportamento apresentado pelos professores ao longo da visita (figura 9) verifica-se que a frequência de cada categoria comportamental observada é muito semelhante entre si, ou seja, os professores encontram-se envolvidos na exposição, ou sozinhos a "Ler" (27%) e a "Manipular" (26%) os módulos, ou com os alunos, a "Explicar" (23%) e a "Observar" (23%). Nesta exposição, contrariamente à anterior, verifica-se que os professores quase nunca se encontram alheados da própria visita. Do total de professores observados (n=12), o professor permaneceu alheado apenas em 9% do tempo de visita (dp=0.19; máximo=50%; mínimo=0%).

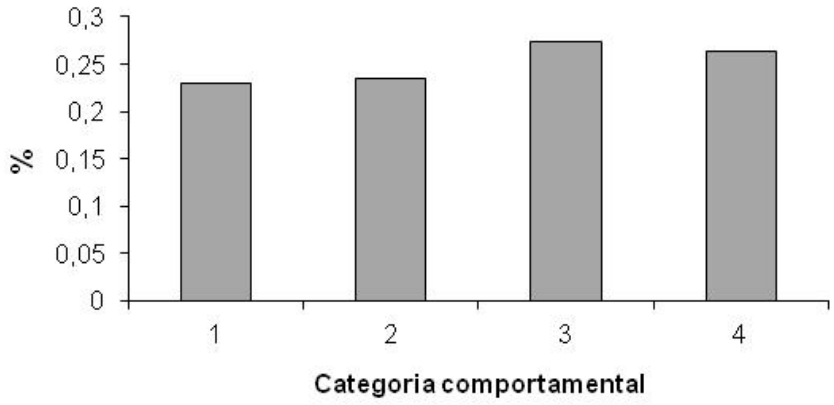


Figura 9. Exposição "Explora": Frequência média das diferentes categorias comportamentais observadas nos professores. A frequência é calculada pela relação entre o número de determinada categoria comportamental em relação ao total de comportamentos apresentados por cada indivíduo. (1)=Explicar; (2)=Observar outro (aluno); (3)=Ler; (4)=Manipular após ler. Total de comportamentos observados=152.

Em relação às interações dos alunos entre si e com os professores e os monitores observou-se que os alunos apresentam inúmeras interações entre si, explorando os módulos em conjunto e chamando-se uns aos outros para observar certos módulos (70% das interações). Ao contrário do que se observou na exposição temporária (descrita no ponto anterior deste capítulo), os alunos também interagem com os professores, no sentido de solicitar explicações sobre os fenómenos observados (15% das interações) e os próprios professores solicitam inúmeras vezes a atenção dos alunos para observarem certos fenómenos (15% das interações). Em relação aos monitores, e tal como na exposição temporária, raramente se observaram interações.

4.1.1.3. Análise conjunta das duas exposições

Em qualquer das exposições analisadas, sempre que os alunos de uma dada escola chegam à zona dos módulos, começam a caminhar em pequenos grupos, ou por vezes sozinhos, observando cada módulo até haver algum que lhes desperte maior interesse e onde permanecem mais tempo. Em ambas as exposições observou-se que os alunos interagem com os módulos por períodos de tempo extremamente curtos. De facto, em 50% a 59% das interações com cada módulo observadas, o tempo de interação durou menos de 1min, e em 73% a 90% durou menos de 2min (ver figura 2 e figura 6). Apenas 3% a 7% das interações durou mais de 5min (ver figura 3 e figura 7), neste caso com os módulos de natureza mais lúdica (caso da exposição KNojo!) ou com efeitos da manipulação mais espetaculares (caso da exposição Explora).

Os alunos parecem interagir de forma diferente consoante a exposição em análise (χ^2=109.47, gl=6, p<0.001) (ver figura 10). Na exposição Knojo!, os comportamentos mais frequentes são o "manipular diretamente", "observar" e "observar outro". Aparentemente, os alunos raramente procuram interpretar os fenómenos que são evidenciados pelo módulo, não apresentando comportamentos de ler as informações disponibilizadas nos módulos, manipular após leitura e manipular após observar outro visitante. Na exposição Explora, a manipulação após leitura parece ser muito mais frequente, embora também neste caso a manipulação direta seja o comportamento mais frequente. Muitas vezes os alunos foram observados a manipular o módulo incorretamente, não conseguindo obter os resultados pretendidos (pela manipulação desse módulo), desistindo logo de seguida. Na maior parte dos casos, foram observados a tocar em todos os botões e visto nada se passar em resposta a essa manipulação, os alunos desistiam do módulo, seguindo para outro. Além disso, o comportamento de "explicar" o módulo quase nunca foi observado em qualquer das exposições, embora esteja presente (com uma frequência muito baixa) na exposição "Explora".

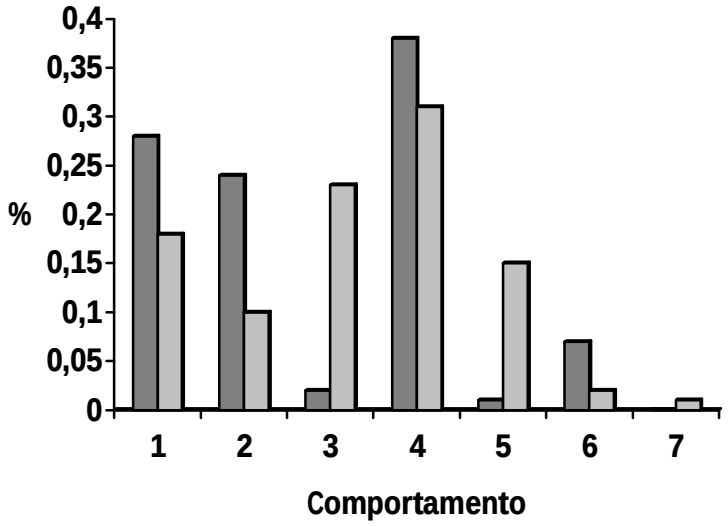


Figura 10. Frequência relativa de cada tipo de comportamento realizado pelos alunos, observado em cada uma das exposições; "Knojo!" (barras escuras); "Explora" (barras claras). (1) "Observar"; (2) "Observar outro"; (3) "Ler"; (4) "Manipular diretamente"; (5) "Manipular após leitura"; (6) "Manipular após observar outro"; (7) "Explicar".

No que diz respeito à sequência de comportamentos mais frequente perante um determinado módulo (quadros 6 e 7), isto é, ao conjunto de comportamentos que os alunos apresentam quando interagem com um módulo, verificou-se que em qualquer das exposições, os alunos podem apresentar dois tipos de interação: aproximam-se de um módulo e começam imediatamente a manipula-lo, sem lerem as instruções do mesmo; ou permanecem na sua vizinhança observando um colega a realizar essa manipulação, desistindo logo de seguida e dirigindo-se para outro módulo (ver figura 11). Estas duas sequências de comportamentos são as que ocorrem com maior frequência (comparação da frequência das diferentes associações de comportamentos para cada exposição - Knojo!: χ^2=309.68, gl=20, p<0.001; Explora: χ^2=389.58, gl=25, p<0.001). Em ambos os casos os alunos não parecem efetuar qualquer esforço no sentido de interpretar o fenómeno em evidência (não apresentam comportamentos de ler, ouvir as explicações ou explicar o fenómeno), evidenciando alguma falta de envolvimento cognitivo na exposição.

Quadro 6.
Sequência de comportamentos observados na exposição "Knojo".

	Observar outro	Ler	Manipular	Explicar	Ouvir explicação	Desistir
Observar	54	5	86		3	63
Observar outro			8			46
Ler			3	3		2
Manipular						100
Ouvir explicação			3			

Quadro 7.
Sequência de comportamentos observados na exposição "Explora".

	Observar outro	Ler	Manipular	Explicar	Ouvir explicação	Desistir
Observar		2	68	26	4	70
Observar outro			4			22
Ler			40	4		14
Manipular		12				114
Explicar	4					
Ouvir explicação			4			

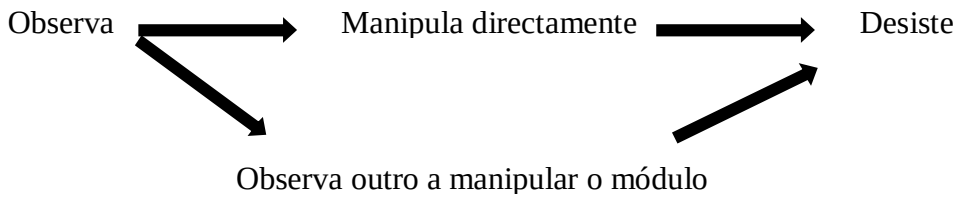


Figura 11. Sequências de comportamentos mais frequentes.

Considerando os comportamentos observados de acordo com o nível de escolaridade dos alunos (ver quadros 4 e 5), observam-se diferenças entre as duas exposições. Enquanto que na exposição "Knojo!" os alunos apresentam o mesmo tipo de comportamentos, independentemente do nível de escolaridade (comparação da frequência dos comportamentos segundo os níveis de escolaridade - χ^2=42.61, gl=15, p<0.05), na exposição "Explora" os alunos dos níveis de escolaridade mais baixos parecem ser menos ativos, apresentando preferencialmente comportamentos de

"observar outro" e "observar", enquanto que os alunos mais velhos apresentam comportamentos mais ativos, como a manipulação dos módulos ("manipular diretamente" ou "manipular após leitura") (comparação da frequências dos comportamentos segundo os níveis e escolaridade - χ^2=211.20, gl=12, p<0.001).

Em relação aos professores, o seu comportamento também parece diferir entre as duas exposições em análise (ver figura 12). De facto, na exposição "Knojo!", os professores parecem também passear pela exposição, sozinhos ou aos pares, monitorizando os alunos e lendo, aparentemente ao acaso, algumas instruções relativas aos módulos. O comportamento menos frequentemente observado nos professores é exatamente o comportamento de manipulação dos módulos, tendo já sido referido nalguns estudos, que os adultos à partida têm tendência a interagir menos com os módulos das exposições, adotando um modelo de visita de "não-tocar" (ex. Dierking & Falk, 1994; Stevenson, 1991). Em 40% do tempo da visita os professores não parecem estar envolvidos com a visita, conversando com os colegas ou descansando nalgum ponto da sala onde existam cadeiras, como se estivessem a fazer uma pausa. Pelo contrário, na exposição "Explora", os professores foram observados a manipular os módulos e a explica-los aos alunos, assumindo uma atitude muito mais interventiva. De facto, nesta exposição os professores não se encontravam envolvidos com a visita apenas durante cerca de 9% do tempo de duração da visita.

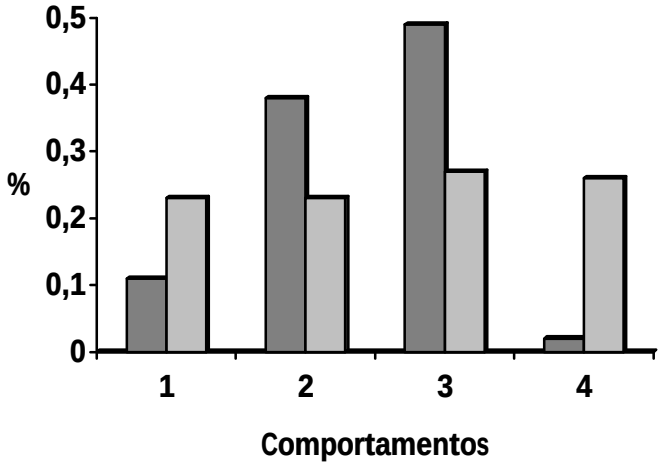


Figura 12. Frequência relativa dos comportamentos realizados pelos professores em cada exposição - "Knojo!" (barras escuras) e "Explora" (barras claras): (1) Explicar o módulo a um aluno; (2) Ler as instruções dos módulos; (3) Manipular o módulo (4) Observar um aluno a manipular o módulo.

Considerando o tipo de interações observadas, verifica-se que também diferem entre as duas exposições em análise. Na exposição "Knojo!", a maioria das interações ocorrem entre alunos, observando-se os alunos a interagir dentro de um grupo de 3 ou 4 indivíduos, assumindo uma postura de exploração de forma não sistemática e aparentemente sem uma intencionalidade específica, em que tocam em todos os botões que conseguirem em simultâneo. Nesta exposição, as interações entre os alunos e os monitores e/ou professores estão praticamente ausentes, ocorrendo apenas por razões disciplinares (em que um adulto relembra alguma regra de conduta). Pelo contrário, na exposição "Explora", as interações ocorrem tanto entre pares de alunos como entre alunos e professores. Neste caso, tanto os alunos como os professores foram observados a chamar a atenção uns dos outros para irem observar determinado fenómeno, para pedirem uma explicação ou para explicarem o que observaram. No que se refere aos monitores, não se observou praticamente nenhuma interação.

4.1.2. Análise dos Questionários

Considerando a análise das respostas dos professores ao questionário, verifica-se que todos os inquiridos valorizam ambas as exposições no que diz respeito ao seu interesse e relevância para o ensino das ciências, tendo atribuído uma avaliação global de Bom (nível 4) ou Muito Bom (nível 5) a todos os aspetos questionados (quadro 8)

Quadro 8.
Avaliação das exposições pelos professores (n=23).

Qual a avaliação que faz da exposição no que diz respeito a:	Média	Intervalo	dp
• Interesse do tema	4.74	4-5	0.46
• Interactividade dos módulos	4.65	4-5	0.48
• Adequação dos módulos	4.30	4-5	0.46
• Tipo de informação presente nos módulos	4.69	4-5	0.44
• Contribuição para a aquisição de novos conhecimentos científicos	4.52	4-5	0.49
• Complemento das aprendizagens escolares	4.48	3-5	0.77
• Promoção da vontade de aprender mais	4.35	4-5	0.48
• Promoção de divertimento	4.62	4-5	0.48

Quando questionados acerca da existência ou não de um contacto prévio com a instituição, todos os inquiridos referiram que não efetuaram qualquer visita prévia às exposições, nem sozinhos nem com os monitores, nem visitaram o *website* disponibilizado pela instituição, embora todos tenham referido que ambos os aspetos seriam importantes na preparação da visita.

Quanto aos objetivos para a visita, todos os inquiridos referiram a motivação para a aprendizagem das ciências através de uma experiência de aprendizagem divertida, e a melhoria do conhecimento científico acerca da temática das exposições.

4.1.3. Discussão

Os resultados obtidos neste estudo refletem que os alunos se comportam de formas diferentes em cada uma das exposições analisadas. Na exposição temporária, não é muito evidente qualquer tentativa de interpretar os fenómenos evidenciados pelos módulos expositivos, visto que os alunos manipulam os módulos sem sequer ler as respetivas instruções (realizam uma "manipulação cega"), parecendo manipular os módulos de uma forma desestruturada e irrefletida, independentemente da sua idade. Por outro lado, na exposição permanente, especialmente os alunos mais velhos parecem procurar uma explicação para os resultados da manipulação que realizaram nos módulos, lendo não só as instruções dos mesmos, como também as explicações fornecidas nos textos informativos. Além disso, o comportamento "explicar" foi também observado nesta exposição, o que poderá ser indicativo de algum tipo de interação entre os alunos de natureza diferente da mera brincadeira.

Embora neste trabalho não seja possível relacionar de forma direta o comportamento dos alunos com o comportamento dos professores, visto não ter sido possível seguir simultaneamente o professor e os seus alunos, os resultados obtidos sugerem uma possível relação entre eles. De facto, os professores também se comportam de forma diferente nas duas exposições. Enquanto que na exposição "KNojo!" quase nunca interagem, tanto com os alunos como com os módulos,

permanecendo a maior parte do tempo "desligados" da exposição ou da própria visita, na exposição "Explora" os professores apresentam um comportamento muito mais ativo, interagindo tanto com os alunos como com os módulos, e permanecendo focados na visita durante a maior parte do tempo de duração da mesma.

De acordo com diversos estudos (ex. Griffin & Symington, 1997; Price & Hein, 1991), o interesse pessoal do professor na exposição parece ser um importante fator que condiciona o comportamento dos alunos. Jarvis e Pell (2005) salientaram que o entusiasmo e prazer manifestado pelo professor, e que costuma ser claramente percecionado pelos alunos, parece ajudar a promover ganhos nos alunos com as visitas escolares. De facto, a atitude dos alunos tende a ser um reflexo da atitude dos professores durante uma visita escolar.

O diferente comportamento por parte dos professores, observado neste trabalho, pode estar relacionado com o facto de a exposição "Explora" ser uma exposição permanente, o que poderá permitir uma maior familiarização por parte dos professores com os módulos presentes, visitados em visitas escolares de anos anteriores, já que nenhum dos professores inquiridos afirmou não ter realizado qualquer esforço de visitar a exposição previamente à visita de estudo observada.

Diversos estudos (ex. Price & Hein, 1991; Woolard & Pontin, 2000) têm salientado a importância de procurar promover o entusiasmo e envolvimento do professor através de um orientação prévia, de forma a que estes adquiram algum conhecimento sobre a exposição. De facto, de acordo com Griffin e Symington (1997), para além de preocupações organizacionais, os professores sentem-se intimidados quando levam os alunos a centros de ciência devido ao facto de não se sentirem familiarizados com o local e o funcionamento dos módulos, de não saberem o que fazer na exposição, e de poderem ser questionados pelos alunos com questões a que não sabem responder. Por outro lado, os professores que realizaram visitas prévias à instituição são claramente mais confiantes relativamente a levarem os seus alunos aos módulos mais apropriados (Jarvis & Pell, 2005). Este maior envolvimento do professor parece afetar positivamente as atitudes dos alunos, que em consequência apresentam maior interesse e vontade de se envolver na exposição (Price & Hein, 1991), tal como foi observado neste trabalho.

Os professores estão muito bem situados para enfrentarem os desafios e capitalizarem com base nas oportunidades inerentes a estes ambientes, fazendo a ponte necessária entre o conhecimento prévio dos alunos e a compreensão das novas aprendizagens. Para a exploração destas oportunidades, é crucial que, como parte da sua planificação e implementação, os professores auscultem e procurem ativamente explorar as respostas dos alunos ao centro de ciência e às suas exposições (Anderson et al, 2003).

Stevenson (1991) comparou o comportamento de grupos de visitantes compostos apenas por adultos com grupos formados por adultos e crianças na interação com os módulos de uma galeria do Museu de Ciência de Londres e verificou que os grupos que continham crianças se envolviam mais em comportamentos de manipulação dos módulos de forma divertida (brincadeira), mas que apresentavam menos frequentemente comportamentos de leitura dos textos informativos, a não ser que esse comportamento fosse estimulado por um adulto. Este autor verificou, também, que a duração das conversas e do tempo passado a interagir com os módulos da exposição decrescia da seguinte forma: grupos formados por famílias – grupos de crianças – grupos escolares. Estes dados, segundo o autor, suportam a ideia de que os professores não encorajam uma interação continuada e o diálogo entre o grupo, o que poderá ter consequências na qualidade da aprendizagem realizada durante a visita. Este comportamento por parte dos professores também foi observado neste trabalho, em que principalmente na exposição temporária se observou um grande afastamento por parte do professor da própria visita, quase nunca interagindo com os alunos, nem com os módulos expositivos, deixando que a manipulação por parte dos alunos decorresse de forma totalmente livre e sem orientação prévia.

No entanto, diversos estudos têm sugerido que a aprendizagem neste tipo de ambiente não parece ocorrer apenas, ou até principalmente, como resultado da interação dos visitantes com os módulos. Estudos centrados na análise das potencialidades educativas dos módulos interativos (Afonso & Gilbert, 2007, 2008; Allen, 2002; Stocklmayer & Gilbert, 2002), especialmente dos módulos classificados como "representativos de um fenómeno revelado pelos sentidos" (tal como a maioria dos módulos analisados), têm vindo a assinalar que para a promoção de uma maior compreensão acerca dos fenómenos representados, a sua exploração deverá ser

acompanhada de uma explicitação dos fenómenos em observação e a sua interligação com conhecimentos prévios detidos pelo visitante e mesmo através de uma exploração comparada de outros módulos presentes na exposição que representem fenómenos análogos. No que diz respeito aos módulos baseados em analogias, a maior dificuldade prende-se com a dificuldade na compreensão do fenómeno subjacente para a qual é necessário um raciocínio analógico e de visualização muitas vezes complexo, pelo que em geral estes módulos carecem de alguma orientação na sua interpretação pelos visitantes menos conhecedores da temática.

Diversos estudos têm também evidenciado a importância que as interações sociais entre os visitantes podem assumir na estimulação dessas aprendizagens através de uma exploração colaborativa (ex. Diamond, 1986; Griffin, 1998; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Priest & Gilbert, 1994; Ramey-Gassert et al., 1994). Os professores poderão potenciar esse tipo de exploração, proporcionando atividades abertas, que exijam observação, discussão e dedução, como uma forma de dar suporte e valorizar uma manipulação "adequada" e divertida dos módulos expositivos (Jarvis & Pell, 2005), e simultaneamente criarem mecanismos para os alunos pesquisarem informação (fornecida pelo módulo em observação ou através de outros módulos presentes na exposição) e interagirem com os colegas, promovendo as interações sociais entre os alunos e com o professor, direcionadas para a compreensão dos tópicos de ciência em observação.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que é urgente a adoção por parte dos professores de estratégias que promovam a aprendizagem durante as visitas escolares a este tipo de centros de ciência. Um dos caminhos possíveis seria a exploração destas estratégias na formação de professores, inicial e contínua, tal como já foi sugerido por outros autores (ex. Anderson et al., 2003; Chin, 2004; MacLeod & Keistead, 1990), de forma a proporcionar aos professores o suporte necessário para a criação de experiências de aprendizagem positivas para os alunos, baseadas nos recursos característicos destas instituições de aprendizagem não-formal.

De acordo com Chin (2004), uma forma de dar resposta a esta questão, seria o desenvolvimento de cursos de formação para os professores de ciências, que estivessem estreitamente relacionados com um centro ou museu de ciência, no qual os participantes

pudessem discutir com os educadores dos museus diferentes aspetos das exposições, e desenvolver planificações de atividades a ser implementadas nestas instituições. Este tipo de experiência poderia ajudar os professores a adquirir um conhecimento mais profundo acerca das possíveis inter-relações entre as aprendizagens com base nos recursos do museu e as aprendizagens realizadas na escola, e uma maior consciência acerca da importância de conhecerem os recursos disponíveis no museu antes de planearem uma visita de estudo, podendo passar assim a assumir uma postura mais ativa durante a própria visita, na promoção das aprendizagens dos alunos.

4.2. Estudo 2. Visitas Guiadas a um Aquário (Artigo II)

Neste estudo 2, este capítulo encontra-se dividido em três secções. As duas primeiras secções correspondem à apresentação dos resultados, que se encontram organizados segundo a sua origem, isto é, dados obtidos pela observação e dados obtidos nos questionário e entrevista. Os dados relativos à análise dos questionários e entrevista são apresentados segundo a perspetiva dos diferentes intervenientes (professores, alunos e monitores). Na terceira secção todos os dados obtidos são discutidos de uma forma integrada.

4.2.1. Análise das Observações

4.2.1.1. Estrutura de uma visita guiada

As visitas guiadas observadas neste estudo são atividades estruturadas, orientadas pelo monitor, nas quais os alunos, os professores e o monitor se deslocam sempre em conjunto. O excerto retirado das notas de campo abaixo transcrito constitui um exemplo de uma visita típica, sendo baseada nas observações efetuadas a um grupo de alunos do 1º ciclo do ensino básico, submetida ao tema “diversidade biológica”.

Notas de Campo:

Vinte e três estudantes e dois professores chegam ao Aquário às 9h45 para a visita marcada para as 10h. Às 10h o grupo entra no átrio do Aquário, onde a monitora M, que os esperava, se apresenta. M informa os alunos acerca de algumas regras de conduta, nomeadamente o terem de andar sempre juntos durante toda a visita, o de levantarem as questões à vez e de não poderem fazer muito barulho. M refere "eu vou dar-vos informação acerca de cada aquário, mas também vos vou dar sempre tempo para verem todos os organismos e para lhes tocar quando possível"

Após esta breve introdução, conduz o grupo para o tanque das tartarugas e começa a questiona-los acerca de uma série de aspetos sobre as tartarugas, tais como "o que temos aqui?", "acham que são marinhas ou terrestres?". Vai chamando a atenção dos alunos para diferentes aspetos relacionados com a morfologia das tartarugas, procurando que eles relacionem a forma com a função. Pergunta-lhes também como é que eles acham que as tartarugas respiram. Os alunos colocam questões relacionadas com a alimentação e a reprodução das tartarugas. Ambos os professores estão distraídos. O grupo move-se para a galeria de água doce para observarem alguns peixes de rio. M pede aos alunos para observarem os peixes presentes num determinado aquário e para lhe dizerem "qual a posição dos olhos e da boca?" após o que relaciona essa informação com o facto destes peixes se alimentarem de insetos. Após cerca de 15min, o grupo desloca-se para a galeria de peixes da costa portuguesa. M pergunta qual a diferença entre o oceano e os rios e se na nossa costa a água é quente ou fria. Os professores continuam distraídos, conversando um com o outro. O grupo observa algumas espécies típicas da costa portuguesa e param em frente de um aquário com estrelas do mar. M questiona os alunos "acham que a estrela do mar é uma planta ou um animal?". Alguns alunos respondem que é uma planta. M explica que é um animal e um dos estudantes pergunta "então onde estão os olhos?". Após uns instantes os alunos descobrem uma anémona e perguntam se é um animal ou uma planta. Ainda no mesmo aquário, os alunos apercebem-se da presença de um linguado na areia e M pergunta-lhes porque acham que ele tem aquela forma achatada. Muitos alunos respondem que é para se camuflar na areia. M desloca-se para outro aquário com o grupo, mas quatro alunos ficam para trás. Um dos professores vai buscá-los. M

pergunta aos alunos "o que temos aqui para além dos peixes?" Os alunos descobrem um caranguejo-aranha. M pede-lhes para observarem a casca, para verem se é rugosa ou lisa e explica-lhes que ele coloca algas na própria casca para se camuflar. Noutro aquário, M vai questionando os alunos acerca de diversos aspetos, tais como "qual o nome que damos a um conjunto de peixes?", "porque é que acham que eles vivem em grupos?". Os estudantes parecem estar a ficar irrequietos (10h30) e M tem de lhes pedir para prestarem atenção. O grupo continua a deslocar-se pelos diferentes aquários, chegando à galeria da água tropical, onde se observa os organismos presentes e se conversa acerca deles, acerca da forma do corpo, da cor, respondendo a diversas questões colocadas por M, "o que os peixes usam para nadar?", "porque é que aquele peixe tem uma mancha que parece um olho perto da cauda?", "porque é que os peixes mudam de cor?". Os professores continuam completamente distraídos, permanecendo muitas vezes longe do grupo. Os alunos começam a falar mais alto entre si e um dos professores pede-lhes para se calarem. (10h45) Deslocam-se para os "touch tanks" - um que representa uma praia arenosa e outro que representa uma praia rochosa. M divide-os em dois grupos mais pequenos e pede-lhes para observarem os organismos presentes em cada tanque. Pede-lhes para tocarem nalguns animais e vai questionando-os, "onde acham que há maior diversidade, na zona de areia ou na zona de rocha?", "porquê?". Os alunos estão extremamente agitados com o facto de poderem pôr as mãos dentro da água e falam muito alto. Os professores estão agora extremamente atentos ao comportamento do grupo. Terminou a visita guiada (11h) e M dirige o grupo para o auditório onde se vai assistir a uma pequena apresentação multimédia acerca dos organismos que foram observados durante a visita.

A sessão multimédia, que tem uma duração de cerca de 10-15minutos, consiste numa apresentação expositiva, com recurso a imagens fotográficas dos organismos presentes na exposição, e a alguns pequenos filmes criados no próprio Aquário. Nesta sessão faz-se uma pequena introdução teórica à temática sobre a qual versa a visita de estudo e aos organismos que se podem observar no Aquário. Durante esta sessão, os

alunos permanecem sentados, geralmente em silêncio, sendo apenas pontualmente solicitados a intervirem no sentido de responder a alguma questão colocada pela monitora.

4.2.1.2. Análise das interações

Todas as visitas observadas (n=39) centraram-se no monitor, nas quais este apresentava a informação relativa a cada aquário (ex. "Vou dar-vos alguma informação acerca deste aquário…"), levantava algumas questões (ex. "O guia dirigiu o grupo para o tanque das tartarugas a perguntou-lhes uma série de questões acerca das mesmas…"), após o que todo o grupo se dirigia para outro aquário. Nunca foi solicitados aos alunos que procurassem determinada informação por si próprios, nem lhes foi dado tempo para explorarem livremente cada aquário Da análise dos dados obtidos verificou-se que:

- Embora se observe um esforço para centrar a visita em ideias mais abrangentes (ex. estratégias de sobrevivência, interdependência entre as espécies e os recursos naturais) (5% das questões colocadas), não é visível a preocupação de interrelacionar as observações realizadas entre os diferentes aquários. As visitas centram-se muito em factos e histórias. O monitor conduz os alunos ao longo da exposição, salientando diferentes aspetos relacionados com os organismos, não os desafiando a refletir acerca do que é comum, ou não, entre eles.

O seguinte excerto das notas de campo exemplifica o tipo de questionamento que o monitor poderia seguir para promover uma maior reflexão por parte dos alunos sobre temas mais abrangentes:

> *(...) Um representando uma praia de areia e um representando uma praia rochosa. (...) [O guia] pediu aos alunos para observar os animais em cada tanque, (...) e responder (...) em que tanque há uma maior diversidade de animais? Quais são as razões para isso? (...)*

- As questões colocadas são na generalidade questões fechadas e/ou factuais não requerendo respostas muitos complexas (ex. “que nome se dá a um grupo de peixes?”; “o que é que o peixe utiliza para nadar?”) (95% das questões colocadas); na maioria dos casos, após a resposta dos alunos não se segue uma explicação mais profunda ou maior elaboração.

No que diz respeito às interações observadas durante a visita guiada, registou-se uma média de 60 interações por visita (dp=18.72, intervalo: 15-98 interações), das quais a maioria foram intervenções do monitor, dirigidas aos alunos (média=67%, dp=20.89, intervalo: 22%-95% considerando o total de interações ocorridas durante a visita). Tanto os alunos como os professores apresentaram um número muito reduzido de intervenções (alunos: média=17%, DP=13.32, intervalo: 0%-49% considerando o total de interações ocorridas durante a visita; professores: média=16%, DP=11.67, intervalo: 0%-48% considerando o total de interações ocorridas durante a visita), assumindo um papel extremamente passivo durante toda a visita.

Quanto ao tipo de intervenções observadas, a maioria das intervenções do monitor relacionaram-se com a temática da visita, nomeadamente questionando os alunos acerca de determinados aspetos acerca da biologia dos espécimes observados, embora tenham também ocorrido algumas intervenções relacionadas com a disciplina dos alunos (cerca de 20% das intervenções do monitor). Pelo contrário, os professores apenas parecem intervir no que diz respeito às questões disciplinares (63% a 100% das intervenções dos professores).

Apenas numa das visitas observadas, o professor questionou os alunos acerca do que estavam a observar (ex. “Como é que os peixes nadam?”; “observem as diferentes cores dos peixes”), ou fez alguma ligação com o trabalho desenvolvido em sala de aula (ex. “Lembram-se do que falamos na aula acerca disto?”). Nesta visita em particular, os alunos pareceram estar bastante envolvidos, tirando muitas notas acerca do que viam e ouviam, e permanecendo a maior parte do tempo atentos ao monitor, quase nunca ficando para trás do grupo. No entanto, contrariamente ao que foi observado nesta visita, na maioria das outras visitas observadas, os professores pareceram extremamente distraídos da visita em si, conversando uns com os outros, ou olhando para outros

aquários que não aqueles onde se encontrava o grupo com o monitor. Apenas numa das visitas, o professor foi observado a tirar notas, aparentemente acerca da exposição.

No que diz respeito aos alunos, a maioria das suas intervenções foram dirigidas ao monitor, questionando-o acerca dos espécimes observados (72% a 100% de todas as intervenções dos alunos), nunca ou quase nunca sendo observados a interagir com os colegas, exceto por brincadeira, ou mesmo com o professor. No decorrer da visita foram sempre observados alguns alunos totalmente abstraídos da mesma. No início da visita (após os primeiros 10 a 15 min.), o número de alunos distraídos (que se limitavam a brincar uns com os outros) rondou os dois ou três. Este número geralmente vai aumentando ao logo da visita, atingindo o seu pico (nove a dez alunos) quando a visita vai a meio da sua duração (30 a 40 min.), e decrescendo gradualmente até ao seu fim. Em apenas 18 vezes (no total de todas as observações) se observou alunos a chamar a atenção de outros colegas para o que eles estavam a ver, e apenas em três ocasiões, foram observados a dar explicações aos colegas acerca do que estavam a ver ou observar.

4.2.2. Análise dos Questionários

4.2.2.1. Perspetiva dos professores

No que diz respeito aos principais objetivos referidos pelos professores para a realização de uma visita guiada ao Aquário, podem ser organizados da seguinte forma:

- Aumentar o interesse pela natureza e pelos seres vivos no geral.
- Contactar com a realidade, observando diferentes organismos aquáticos integrados no seu habitat.
- Proporcionar oportunidades de consolidar e alargar o conhecimento.
- Promover diferentes formas de aprender.
- Promover a cultura científica.
- Aumentar o interesse pelas ciências naturais.
- Promover o interesse pela investigação científica.

Estes diferentes objetivos encontram-se presentes nos diferentes níveis de ensino, tal como a seguir se discrimina:

- Pré-escolar e 1º Ciclo
  - Despertar o gosto pelos animais e uma maior atenção ao meio ambiente.
  - Contactar com novas realidades.
  - Observar diferentes organismos integrados no seu meio.
  - Alertar para as questões ambientais e para os animais em vias de extinção.
  - Trabalhar a forma, cor e tamanho de diferentes formas de vida.
  - Motivar para o novo tema do estudo do meio a iniciar depois da visita.

- 2º e 3º Ciclo
  - Proporcionar a oportunidade de alargar os conhecimentos no âmbito da biodiversidade.
  - Despertar o interesse pela vida aquática e contactar diretamente com os ecossistemas e organismos aquáticos.
  - Conhecer a diversidade de espécies nos diferentes habitats.
  - Conhecer a fauna marinha portuguesa.
  - Observar diferentes organismos integrados no seu meio.
  - Consolidar conhecimentos.
  - Promover diferentes formas de aprender.
  - Estimular a cultura científica.
  - Despertar o interesse pelas ciências naturais.
  - Despertar o interesse para a pesquisa.

- Secundário
  - Reconhecer a importância da preservação dos ecossistemas.
  - Trabalhar os sistemas de classificação.
  - Proporcionar oportunidades de alargar os conhecimentos no âmbito da biodiversidade.

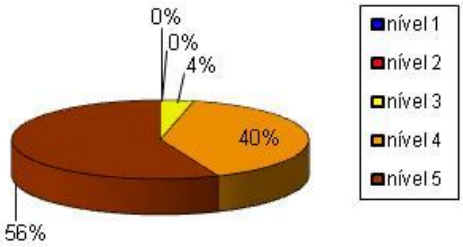
No que se refere à integração da visita de estudo no trabalho escolar, 81% dos professores respondeu afirmativamente à questão sobre "se a visita de estudo foi previamente preparada com os alunos" e 88% afirmou que pretendia efetuar uma avaliação aos alunos no final da visita. Avaliação essa que poderia ser sob a forma de debate (38% das respostas) ou de um trabalho escrito (36% das respostas). No caso do 1º ciclo, a avaliação poderia também ser efetuada através de ilustrações ou de trabalhos plásticos (menos de 11% das respostas).

Relativamente à apreciação efetuada quanto à forma como se desenrolou a visita em si, apresentam-se de seguida os resultados globais, que incluem a resposta de todos os questionários aplicados aos professores das visitas guiadas, abrangendo todos os níveis escolares (ver figura 13).

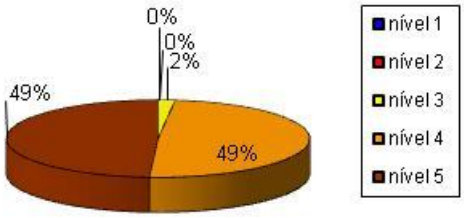
Os resultados globais apontam para uma apreciação extremamente positiva das características da exposição, quer em termos da qualidade da visita e do seu valor pedagógico, quer em termos da sua adequação. Em termos globais, a maioria das respostas situou-se no nível 5 (Muito Bom), excetuando as questões relacionadas com o aspecto do divertimento (questão 1.5) e do complemento das aprendizagens em sala de aula (questão 1.3) onde a maioria das respostas se situou no nível 4 (Bom). No caso das questões relacionadas com o desenvolvimento e adequação das visitas guiadas, quase 100% dos inquiridos considerou todos os aspetos em avaliação como os mais adequados. Em relação à opinião discriminada pelos diferentes níveis de escolaridade verificou-se que em todas as questões o padrão de respostas foi muito semelhante.

Na sua maioria, os professores consideraram a temática interessante (96%), permitindo a aquisição de novos conhecimentos (96%), que podem servir de complemento às aprendizagens da escola (97%) e podem promover a motivação para novas aprendizagens (97%). Além disso, os professores consideraram, na sua maioria, que a visita proporciona divertimento (85%), tem uma duração adequada (95%) e que a linguagem utilizada pelo monitor é adequada ao nível etário dos alunos (99%).

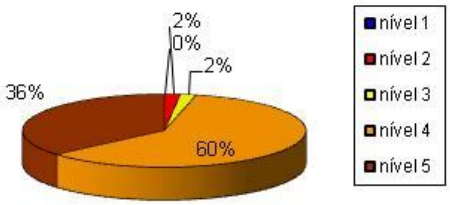
1.1. Interesse do tema
(1=Muito fraco; 2=Fraco; 3=Razoável; 4=Bom; 5=Muito Bom)



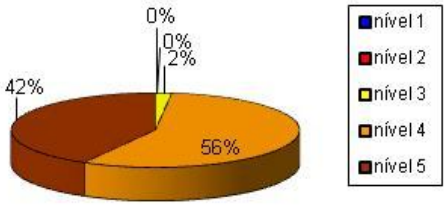
1.2. Construção de novos conhecimentos



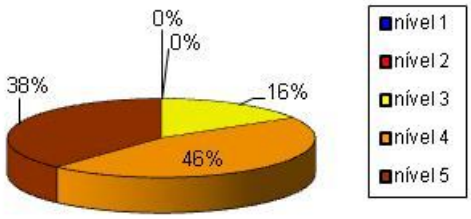
1.3. Complemento das aprendizagens



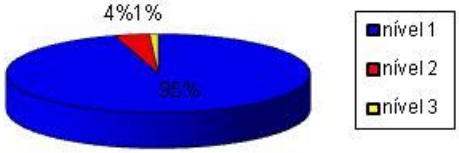
1.4. Despertar da vontade de saber mais em sala de aula



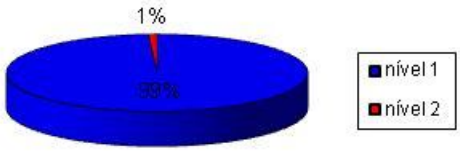
1.5. Divertida



2.1.Duração
(1=adequada; 2=curta; 3=longa)



2.2. Linguagem adequada à idade dos alunos



Questão 3. Considera importante a visita ser guiada?

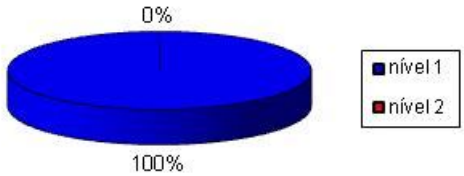


Figura 13. Resultados relativos ao questionário aplicado aos professores.

Relativamente às sugestões de melhoria das visitas guiadas, os professores referiram três tipos de melhoramentos: um relacionado com as questões logísticas, nomeadamente a necessidade de se melhorar os conteúdos das caixas de texto em termos de informação disponibilizada, a acessibilidade dos aquários (os aquários encontram-se demasiado altos para os alunos mais novos), e ainda a necessidade de reduzir o número de alunos por grupo; outro relacionado com a falta de materiais complementares à visita, tais como material didático relacionado com a exposição (livros, modelos, vídeos); e finalmente, questões relacionadas com a visita propriamente dita, nomeadamente aumentar o contacto direto dos alunos com os organismos, aumentar a interatividade da exposição, promover jogos de exploração no fim da visita e fornecer uma folha de observação para ser completada pelos alunos durante a visita.

No que diz respeito aos resultados do questionário *online*, todos os professores inquiridos consideraram que os museus e centros de ciência podem funcionar como um complemento das aprendizagens efetuadas na escola, não se devendo sobrepor completamente nem ser totalmente independentes. Apenas um dos professores apontou a possibilidade de estas instituições poderem servir como ponto de partida para novas aprendizagens na escola (observação – investigação acerca de novas informações – construção de novos conhecimentos). Todos os inquiridos referiram que organizam com alguma regularidade visitas escolares a museus e centros de ciência. Quando questionados acerca do que pensam que os museus e centros de ciência têm de único comparativamente com as escolas, foram referidos os seguintes aspetos:

- Permitir o contacto com a realidade (6 professores).
- Promover a consolidação das aprendizagens da escola através da observação de fenómenos naturais (5 professores).
- Permitir a possibilidade de realizar atividades experimentais (3 professores).
- Possuir recursos diferentes e diversificados (2 professores).
- Promover a exploração de aspetos relacionados com a história da ciência e a evolução do conhecimento (2 professores).
- Permitir a aprendizagem através do divertimento (1 professor).
- Encorajar a ir para além das aprendizagens escolares (1 professor).
- Promover o acesso ao conhecimento de todos de igual forma (2 professores).

Quando inquiridos acerca das competências que pretendem ver desenvolvidas numa visita de estudo a um museu de ciência, os professores enfatizaram a aquisição de uma compreensão profunda da realidade (6 professores), a capacidade de mobilizar conhecimento cultural, científico e tecnológico para compreender a realidade e as questões relacionadas com o quotidiano (2 professores) e a promoção de algumas competências associadas à atividade científica, nomeadamente a observação (1 professor), a curiosidade (2 professores), o pensamento crítico (2 professores), a necessidade de se investigar para saber mais (1 professor) e para se manter atualizado (1 professor).

Todos os professores inquiridos referiram preferir as visitas guiadas às visitas não guiadas, tendo justificado a sua preferência pelo facto de considerarem que os educadores e monitores dos museus apresentam um conhecimento mais profundo acerca das temáticas das exposições, em contraste com o professor, pelo que poderão promover uma aprendizagem mais profunda (7 professores), pelo facto de os alunos em geral se mostrarem mais interessados e focados na visita quando esta é guiada por alguém que não seja o próprio professor (4 professores) e porque a própria visita tem tendência a decorrer de uma forma muito mais organizada quando é guiada (2 professores).

Como aspetos negativos das visitas guiadas, foram referidos aspetos maioritariamente relacionados com a forma como o monitor dinamiza a visita, nomeadamente a linguagem que utiliza, que poderá não ser adequada ao nível etário dos alunos (5 professores), a falta de motivação por parte do monitor para realizar a visita (3 professores), ou a falta de competências pedagógicas por parte do monitor (1 professor). Um dos professores referiu ainda que o monitor deveria conhecer o currículo da escola para poder explorar os conteúdos da visita de uma forma semelhante. Apenas um dos professores referiu a possibilidade das visitas não guiadas poderem proporcionar uma maior flexibilidade aos alunos na exploração do museu.

Quando questionados acerca da razão da realização de uma visita de estudo, oito dos professores mencionaram que a visita surge no seguimento dos conteúdos explorados em sala de aula, e os restantes três professores referiram que a planificação da visita surge na sequência de uma temática proposta pelos alunos. Em relação à preparação da visita com os alunos (atividades pré-visita), todos os inquiridos referiram

o facto de normalmente apresentarem a instituição aos alunos, e adicionalmente foram referidas outras formas de preparação, nomeadamente a discussão das suas expectativas (2 professores), a exploração com os alunos dos objetivos da visita (1 professor), e a preparação de um guião de visita a ser preenchido pelos alunos durante a visita (1 professor). Apenas um professor referiu que normalmente prepara as visitas de estudo com os alunos (o que eles querem saber, o que devem observar ou investigar no museu para dar resposta às suas questões, etc.).

No que diz respeito às atividades de consolidação das aprendizagens (atividades pós-visita), e tal como os resultados do questionário aplicado no próprio Aquário revelaram, a maioria dos professores inquiridos referiu que após a visita realizam uma avaliação dos alunos, que pode assumir a forma de uma apresentação oral à turma acerca da visita (através de um poster, desenhos ou fotografias) (5 professores), um debate (3 professores), ou um relatório da visita (3 professores). Apenas um dos inquiridos referiu que normalmente discute com os alunos o que eles aprenderam, o que eles querem saber mais e qual deverá ser o próximo passo para aprenderem mais.

4.2.2.2. Perspetiva dos alunos

Os resultados relativos aos alunos, abrangendo todos os níveis escolares são apresentados na figura 14.

No quadro seguinte (quadro 9) são apresentados os resultados dos questionários descriminados segundo o nível de escolaridade (por questões de amostragem não são apresentados os dados referentes ao 3º Ciclo).

Quadro 9.
Resultados do questionário aplicado aos alunos segundo o nível de escolaridade.

	1º Ciclo		2º Ciclo		Secundário	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Questão 1.1	63	51	55	4	5	0
Questão 1.2	108	6	57	2	4	1
Questão 2.1	108	0	58	1	3	1
Questão 2.2	108	0	58	1	4	1
Questão 3	108	0	58	1	4	1

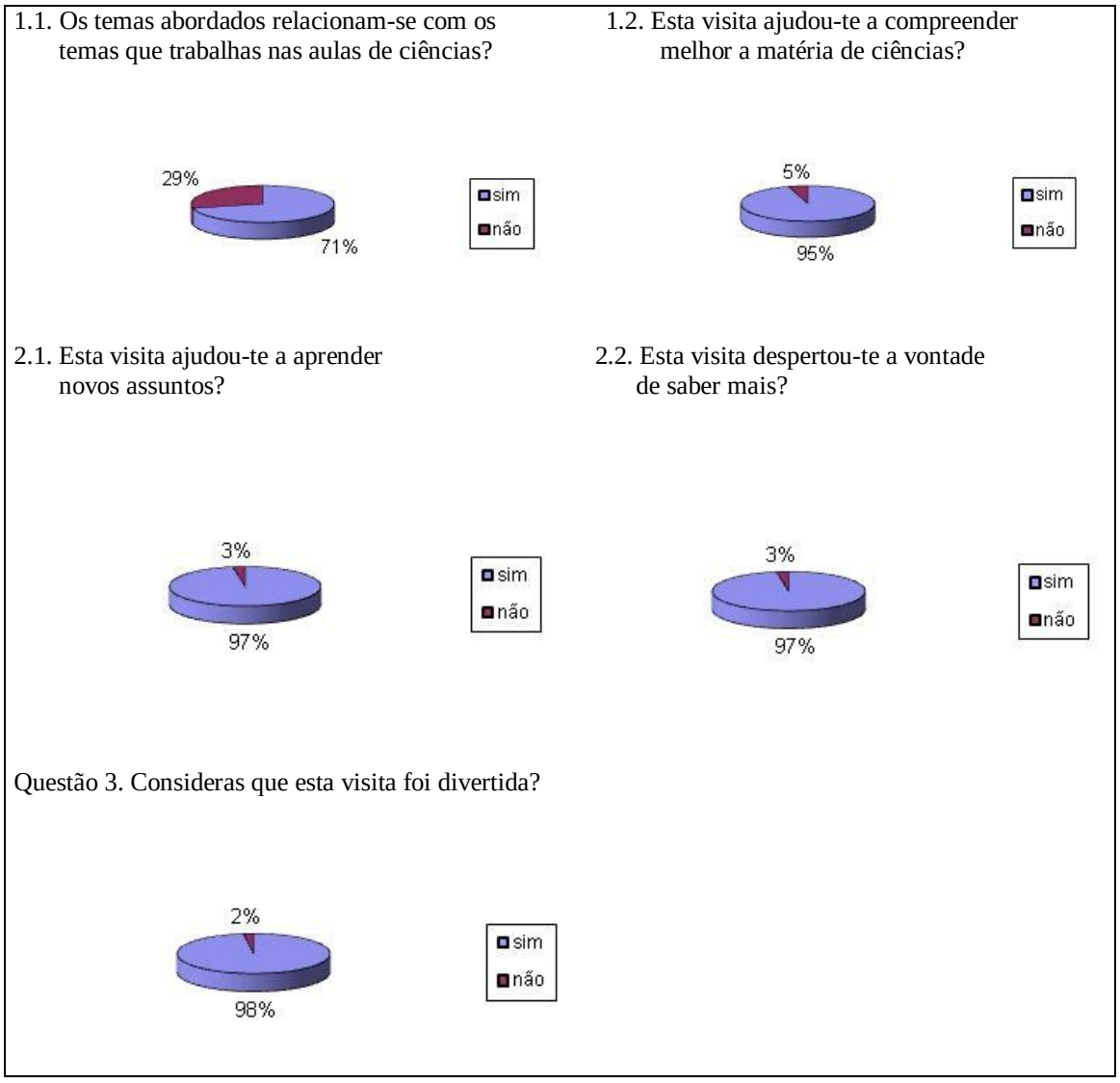


Figura 14. Resultados relativos ao questionário aplicado aos alunos.

No que diz respeito à apreciação global (atribuição de uma nota final à atividade) obtiveram-se os resultados apresentados na figura 15.

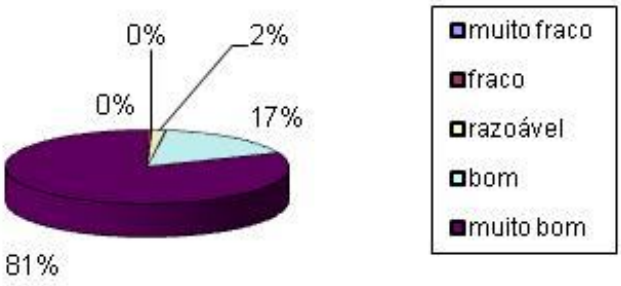


Figura 15. Apreciação global das visitas guiadas efetuada pelos alunos.

Os resultados globais apontam para uma apreciação muito positiva da atividade, com 97% dos alunos a atribuir uma nota final de Bom ou Muito Bom à atividade na sua globalidade (80% dos alunos deram a classificação de Muito Bom). Além disso, 98% dos alunos considera a visita divertida (questão 3) e 97% considera que não só aprendeu novos assuntos (questão 2.2), como que ficou com vontade de aprender mais (questão 2.3). Além disso, 95% dos alunos considera que a atividade promoveu uma melhor compreensão dos conteúdos associados à ciência (questão 2.1). Um aspeto a assinalar são os resultados dos questionários aplicados aos alunos do Secundário, em que se verifica uma ligeira quebra no total de respostas positivas (entre 75 a 88%) no que se refere à aprendizagem de novos assuntos, ao despertar da vontade de saber mais e à promoção de divertimento.

No que diz respeito à relação dos conteúdos abordados com o que é trabalhado em sala de aula é de assinalar um menor consenso nas respostas obtidas, havendo 29% de respostas negativas, isto é de não haver relação entre as aprendizagens no museu e as aprendizagens na escola. Este resultado é ainda mais pronunciado nos alunos do 1º ciclo (45% de respostas negativas). Este facto poderá relacionar-se com os dados obtidos nos questionários aos professores em relação à preparação prévia da visita, em que apenas 81% dos professores afirmou ter envolvido os alunos nesse tipo de preparação da visita (relacionar com o trabalho da escola).

Em relação ao que os alunos destacaram como tendo gostado mais é de assinalar, para além da observação de determinadas espécies em particular (como por

exemplo os leões marinhos, as estrelas do mar, a lula gigante, o peixe palhaço), a possibilidade de aprenderem inúmeras curiosidades sobre as espécies observadas. Quanto aos aspetos negativos, apesar de a maioria dos alunos referir que não houve aspetos negativos, é de referir o facto de vários alunos terem assinalado como um aspeto que gostaram menos o grupo ser muito grande e isso dificultar a observação dos aquários.

Como sugestões que poderiam melhorar as visitas guiadas, os alunos referiram aspetos maioritariamente relacionados com a sua autonomia durante a visita, nomeadamente o poderem ter mais tempo para observar cada aquário, poderem ter um tempo em que possam passear pelos aquários à sua vontade, e a possibilidade de fazerem jogos durante a visita nos quais tenham de realizar observações sem a presença do monitor, e jogos no fim da visita nos quais se discutam as aprendizagens realizadas durante a visita.

4.2.2.3. Perspetiva do educador/monitor

No quadro seguinte (quadro 10) são apresentados os resultados do questionário aplicado aos monitores. Na quase totalidade das visitas a opinião do monitor sobre a forma como decorreu a visita de estudo foi positiva, sendo apenas de assinalar a questão relacionada com o comportamento dos alunos, que apresenta uma apreciação positiva num número de visitas ligeiramente inferior em comparação com os outros aspetos avaliados: no que se refere ao interesse e à preparação dos alunos (questões 1.1 e 1.2) em 98% das visitas a resposta foi afirmativa; em relação à preparação prévia dos alunos (questão 1.3), em 83% das visitas a resposta foi afirmativa; quanto ao comportamento dos professores (questão 1.5), em 89% das visitas a resposta foi afirmativa; finalmente no que se refere ao comportamento dos alunos (questão 1.4), em 74% das visitas a resposta foi afirmativa.

Como principais aspetos negativos assinalados pelos monitores destacam-se a passividade e falta de colaboração de alguns professores ao longo da visita e a falta de atenção, dificuldade de concentração e indisciplina de alguns grupos de alunos. Como principais dificuldades assinaladas destaca-se a existência de grupos demasiado grandes, com as consequências daí decorrentes, como sejam a dificuldade de gerir a atenção e o interesse de todos os alunos durante todo o tempo da visita, de operacionalizar a

observação dos aquários (muitos deles de pequenas dimensões) por parte de todos os alunos, e de gerir o tempo de duração da visita permitindo em simultâneo a participação de todos no decorrer da mesma.

Quadro 10.
Resultado dos questionários aplicados aos monitores do museu.

1. Considera que a visita de estudo foi positiva em termos de:	Sim	Não
1.1. Interesse dos alunos	38	1
1.2. Participação dos alunos	37	2
1.3. Preparação prévia dos alunos	32	7
1.4. Comportamento dos alunos	29	10
1.5. Comportamento dos professores	35	4

Nota: os resultados dizem respeito a um total de 39 visitas

Na entrevista, a responsável pelo serviço educativo da Instituição, quando questionado sobre o que considera único na aprendizagem em museus comparativamente ao ambiente de escola, apontou razões de dois tipos: (i) o facto de os museus permitirem o contacto com a realidade, (ii) o facto de estes possuírem recursos que são únicos e que raramente estão disponíveis nas instituições escolares:

> *No aquário, a possibilidade de observação e estudo de grande diversidade de animais integrados em aquários que representam o seu ambiente natural. No Museu, a possibilidade de observação de grande diversidade de animais conservados e naturalizados e réplicas, muito difíceis de manter na escola.*

Quanto à sua opinião acerca do que os professores procuram numa visita de estudo, referiu o complemento das aprendizagens escolares. No entanto, quando questionada acerca do que os alunos procuram, referiu como principal motivação a diversão.

Quanto aos aspetos nos quais se baseia para planear as visitas escolares, a responsável referiu os programas escolares, a experiência adquirida com o contacto com alunos e professores no âmbito de visitas guiadas realizadas anteriormente, e a análise dos inquéritos de opinião realizados pela instituição aos visitantes.

No que diz respeito às estratégias que utiliza durante as visitas de estudo, referiu dar uma especial atenção à observação dos animais e à aprendizagem de algumas curiosidades acerca dos mesmos:

1. Impor algumas regras de comportamento do grupo no início da visita

2. Introduzir cada uma das diferentes zonas da exposição

3. Estimular os alunos a observar os animais, com o objetivo de os levar à descoberta dos factos curiosos em cada um dos aquários.

4. Durante o decorrer da visita estimular os alunos a compararem o comportamento dos animais em observação, com os animais já observados.

5. Construir as apresentações multimédia com filmes sobre os animais em exposição, evidenciando aspetos curiosos da sua biologia

Em relação às vantagens que uma visita de estudo guiada poderá apresentar comparativamente a uma visita não-guiada, a perspetiva apresentada está de acordo com a perspetiva dos professores inquiridos, nomeadamente o maior conhecimento do monitor acerca das exposições do museu e a maior organização na forma como a visita se desenrola:

1. Os monitores que acompanham as visitas têm um conhecimento muito mais aprofundado sobre os animais que estão na exposição e assim conseguem transmitir conhecimentos que nem os professores possuem

2. Durante as visitas guiadas os alunos são mais controlados, não se dispersando tanto durante a visita, o que lhes permite observar em pormenor os animais para os quais é chamada a atenção.

3. A possibilidade de observação de uma apresentação multimédia permite aos alunos complementarem as aprendizagens adquiridas durante a observação direta dos animais nos aquários.

Finalmente, quando questionada acerca das principais dificuldades que sente na planificação das visitas de estudo, a entrevistada referiu aspetos principalmente relacionados com a sua adequação ao que é trabalhado nas escolas:

1. Dificuldade na obtenção dos programas escolares

2. Aplicação de conceitos teóricos em consonância com os manuais escolares
3. Adequação da linguagem utilizada aos níveis escolares
4. Conseguir introduzir novos temas anualmente
5. Superar a repetição de espécies em determinadas zonas da exposição
6. Alguma dificuldade na coordenação da visita com os professores

4.2.3. Discussão

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que as visitas guiadas analisadas, embora positivamente avaliadas pelos professores, alunos e monitores, são maioritariamente centradas no monitor, sendo muito focalizadas no conhecimento, e proporcionando poucas oportunidades de interação entre o professor, os alunos e mesmo com os próprios recursos do museu. Além disso, o professor normalmente assume uma postura extremamente passiva durante toda a visita, como se fosse um mero espectador, intervindo apenas por razões relacionadas com a manutenção da disciplina. Neste tipo de visita, tanto os alunos como os professores parecem ter muito pouca escolha e controlo sobre a agenda de aprendizagem.

Apesar deste cenário, os professores inquiridos manifestaram uma clara preferência por visitas guiadas em vez de visitas não-guiadas. As principais razões referidas prendem-se por um lado, com a ideia de que o monitor apresenta um conhecimento mais completo acerca das temáticas das exposições, e por outro, com questões relacionadas com a forma como a visita se desenrola, nomeadamente o facto de os alunos permanecem mais atentos e mais interessados na visita quando esta não é guiada pelo professor, apesar do facto deste tipo de visita ter na maioria dos casos um formato mais rígido do que as visitas não-guiadas. Estas mesmas razões foram também apontadas pela responsável do serviço educativo da instituição como principais vantagens das visitas de estudo guiadas. De acordo com Griffin e Symington (1997), para além das questões relacionadas com a responsabilidade em garantir a segurança de todos os alunos, os professores geralmente sentem-se intimidados com as visitas de

estudo porque sentem que não têm qualquer controlo e/ou conhecimento acerca da temática em estudo.

No entanto, de acordo com diversos autores (ex. Bell et al., 2009; Falk & Dierking, 2000; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Ramey-Gassert et al., 1994) a escolha e o controlo por parte do visitante são aspetos essenciais no contexto de aprendizagem inerentes aos museus – os novos conhecimentos são selecionados e guiados pelos interesses, conhecimento prévio, e mesmo pelas outras pessoas presentes no grupo, i.e. o contexto de aprendizagem nestas instituições pode ser caracterizado como sendo centrada no aprendente, auto-regulada e situada, envolvendo ativamente outros colegas/visitantes em interações sociais. De acordo com Paris et al. (1998) os museus são ambientes que proporcionam condições chave para os visitantes "construírem um sentido pessoal, fazerem escolhas genuínas, realizarem tarefas desafiadoras, assumirem o controlo sobre a sua própria aprendizagem, colaborarem com outros intervenientes e sentirem-se positivos acerca dos seus próprios esforços" (p. 271).

Durante uma visita de estudo, no entanto, e em particular nas visitas observadas neste trabalho, as escolhas são tipicamente feitas por outro que não o aluno, embora este seja o aprendente durante a visita. Além disso, observa-se a falta de ligação com as aprendizagens realizadas na escola. Os professores questionados referiram, na generalidade dos casos, planos limitados na realização de atividades de preparação e consolidação das aprendizagens, que poderiam dar suporte à visita. Todos estes aspetos, especialmente quando envolvem a integração das aprendizagens da escola e do museu, iriam proporcionar oportunidades para um maior envolvimento dos alunos (Griffin, 2004) e consequentemente poderiam aumentar as possibilidades de aprendizagem.

De acordo com Cox-Peterson et al. (2003), existem alguns princípios pedagógicos que deveriam ser transferidos para uma visita guiada, nomeadamente: (a) ir ao encontro dos interesses e experiências dos alunos, (b) focar-se e dar suporte às investigações e questões dos alunos, (c) estimular os alunos a aceitar a responsabilidade da sua própria aprendizagem, (d) encorajar o discurso entre os alunos sobre ideias científicas. Provavelmente os professores são a peça-chave para fazer esta ligação entre as visitas guiadas e as aprendizagens da escola, ajudando a fazer a ponte entre o currículo escolar, os recursos do museu e as questões e investigações dos alunos. Os

professores podem assumir um papel mais ativo durante a visita, implementando estratégias colaborativas, tais como a facilitação (quando os professores permitem que os alunos direcionem as suas explorações, enquanto vão levantando questões que facilitem o processo), e a interpretação (quando os professores direcionam a atenção dos alunos para alguns módulos em particular), que poderão permitir que os alunos se envolvam no próprio processo de aprendizagem (Cox-Peterson et al., 2003).

Falk e Dierking (2000) e Griffin (2004) descrevem três contextos que consideram fundamentais na aprendizagem nos museus: o controlo, a escolha e o trabalho colaborativo. Os alunos devem ter tempo para falar entre si e para explorar o museu, de forma a promover a reflexão e a apropriação individual das exposições. Atividades em grupos pequenos poderão proporcionar interações entre os professores, os alunos e os monitores, aumentando assim o contexto sociocultural da visita. Além disso, permitem que o aluno se familiarize mais rapidamente com a exposição e a explore mais aprofundadamente (Cox-Peterson et al., 2003). As questões nas quais a visita se centra, assim como as atividades a desenvolver, deverão ajudar a estabelecer conexões entre o currículo formal de ciências e os recursos e exposições do museu. É de salientar que, neste trabalho, as expectativas manifestadas pelos alunos acerca das visitas escolares parecem estar em harmonia com estes princípios pedagógicos, tendo sido reforçada a vontade em ter maior autonomia e mais tempo durante a visita para decidir e explorar as suas próprias escolhas.

Finalmente, todos os professores deste estudo, assim como a responsável pelo serviço educativo do museu, reconheceram que os museus e centros de ciência apresentam características únicas, comparativamente com as escolas, que podem ser exploradas, nomeadamente a sua ligação ao mundo real, encorajando a mobilização de saber cultural, científico e tecnológico para a compreensão da realidade. De facto, estas instituições de aprendizagem não-formal ocupam um importante e único espaço na aprendizagem das ciências, apresentando forças que são únicas e complementares das forças das escolas (Bell et al., 2009; Jarvis & Pell, 2005; Ramey-Gassert et al., 1994). De acordo com Bell et al. (2009), uma mudança educacional chave para os museus e centros de ciência é a ligação entre as respostas emocionais e sensoriais dos alunos com determinados fenómenos específicos da ciência. A associação do pensamento científico

com eventos que despertam envolvimento e prazer e com resultados reais pode criar importantes conexões num nível pessoal.

De acordo com os resultados deste estudo, as agendas de aprendizagem que os professores apresentam para a exploração destes recursos educacionais de aprendizagem não-formal, como são os museus e centros de ciência, parecem claramente insuficientes tendo em conta as potencialidades destes contextos para a aprendizagem das ciências e as perspetivas e atitudes extremamente positivas que todos os intervenientes, professores, alunos e monitores, apresentam em relação à sua utilização como um complemento e fortalecimento das estratégias utilizadas em ambiente mais formal, como a sala de aula.

O desconforto demonstrado pelos professores no que diz respeito à sua preparação científica perante certos aspetos discutidos nestas visitas de estudo, a ausência de uma planificação adequada para a visita, incluindo atividades pré- e pós-visita, enquadradas e fundamentadas nas temáticas trabalhadas em sala de aula, e as conceções alternativas que os professores apresentam em relação ao papel que estas instituições deveriam desempenhar na aprendizagem das ciências, nomeadamente a expectativa de que sejam os educadores a trabalhar as temáticas de acordo com o que é trabalhado em sala de aula, demonstram a necessidade do desenvolvimento de programas de formação de professores, inicial e contínua, atualizados e adequados de forma a ser trabalhada esta relação entre as aprendizagens da ciência em ambiente formal e não-formal.

Visto os museus e centros de ciência apresentarem ambientes especiais e recursos que na maioria dos casos não estão disponíveis noutros locais, os educadores dos museus e os professores deverão rever as suas práticas de forma a introduzirem estratégias mais centradas no aluno, que permitam uma aprendizagem ativa e a oportunidade de se fazerem escolhas, de forma a irem ao encontro das recomendações atuais para a educação em ciência (MacLeod & Keistead, 1990; Tal & Morag, 2007). Pelo fortalecimento da ciência escolar, estas instituições podem contribuir fortemente para a criação de uma audiência mais interessada e recetiva para a aprendizagem da ciência ao longo da vida, podendo desempenhar assim um papel fundamental na reforma da educação em ciência a nível local (Chin, 2004). No entanto, para ter sucesso

na sua missão é crucial o reforço da colaboração entre estas instituições de ensino não-formal e a escola.

4.3. Estudo 3. Avaliação de um Curso de Formação de Professores nos Recursos de um CCV (Artigo III)

Neste estudo 3, este capítulo encontra-se dividido em quatro secções. Na primeira secção é apresentada uma descrição de cada uma das sessões do curso de formação. Na segunda secção são apresentados os dados obtidos através da observação das visitas à exposição, organizadas pelos professores-formandos com os seus alunos, no âmbito da formação. Na terceira secção são apresentados os resultados da análise do questionário de avaliação da formação, aplicado aos professores-formandos. Por último, na quarta secção é realizada uma avaliação global da ação de formação, com base na discussão integrada dos diferentes dados recolhidos no decorrer deste estudo.

4.3.1. Descrição das Sessões Teórico/Práticas

O programa de formação era constituído por quatro sessões teóricas (de 4h cada). Em cada uma destas sessões os professores eram convidados a trabalhar em pequenos grupos, tendo de realizar pequenas tarefas relacionadas com as temáticas em discussão.

1ª Sessão: "Ambientes formais e não-formais de aprendizagem"
Nesta sessão os professores foram convidados a desenvolver uma série de tarefas com o objetivo de promover uma visão mais cuidada acerca das características únicas dos ambientes de aprendizagem dos centros de ciência, em contraste com as escolas, e de alertar para a necessidade de promover uma grande diversidade de estratégias de exploração destes ambientes.

Como primeira atividade, os formandos foram convidados a olharem de forma crítica para um módulo interativo e efetuarem a sua avaliação do pondo de vista da sua adequação tendo em conta o público-alvo, alunos do respetivo ano de escolaridade. Com esta atividade pretendeu-se promover uma análise crítica dos recursos presentes num centro de ciência alertando para a necessidade do professor adotar estratégias que promovam uma exploração adequada aos diferentes anos de escolaridade que leciona.

Numa segunda atividade os formandos tinham de discutir e refletir acerca das semelhanças e diferenças entre os ambientes de aprendizagem formais e não formais, tendo no fim de classificar uma série de atividades como sendo características de um ambiente ou de outro.

Como terceira atividade foi solicitado aos formandos que classificassem uma determinada visita de estudo segundo as atividades que envolve, com base numa escala de classificação fornecida. Nesta atividade é solicitado aos formandos que reflitam acerca da forma como organizam e desenvolvem as diferentes atividades que normalmente realizam com os alunos e da sua adequação aos objetivos propostos.

2ª Sessão: "Como preparar uma visita escolar?"

Esta sessão teve como principal objetivo a promoção de uma maior consciencialização por parte do professor acerca da necessidade de preparar previamente uma visita de estudo de forma a que esta decorra de uma forma organizada e para que se crie uma compreensão partilhada, pelos alunos e pelo professor, dos objetivos da visita.

Numa primeira atividade, os formandos tiveram de escolher um, e apenas, um objetivo (de uma lista fornecida) para uma visita de estudo ao centro de ciência, justificando a escolha efetuada. Com esta atividade pretendeu-se discutir a importância de se possuir objetivos específicos e exequíveis na preparação de uma visita de estudo a um centro de ciência.

Nesta sessão os formandos foram convidados a analisarem de forma crítica as propostas de protocolos experimentais existentes na exposição do centro. Na sequência desta atividade, para além da questão da necessidade de se desenvolverem estratégias de exploração adequadas a cada nível de ensino (já explorada na sessão anterior), foi também trabalhada a necessidade de os professores conhecerem previamente a

exposição que vão visitar de forma a poderem planear as atividades a desenvolver durante a visita, adequando-as às necessidades dos seus alunos, e ajudando a que estes retirem o máximo proveito dos recursos existentes no centro de ciência.

Como terceira atividade foi solicitada a exploração de um módulo por grupos de dois formandos, em que um deles tinha os olhos vendados. Nesta atividade foi explorada a necessidade de adequar as estratégias de exploração da exposição tendo em conta a diversidade de alunos, com a consequente diversidade de necessidades e interesses. Com esta atividade foi, também, fortalecida a necessidade de o professor atuar como mediador na forma como os diferentes acontecimentos/experiências são apreendidos pelos diferentes alunos, de acordo com as suas diferentes necessidades, e na importância da exploração da exposição ser efetuada em grupo, de forma a que as diferentes valências individuais se possam complementar.

Como quarta atividade foi solicitado aos formandos o desenvolvimento de uma proposta de atividade, de acordo com um determinado tema proposto, utilizando os recursos da exposição do centro. Nesta atividade foi salientada a necessidade de estruturar previamente qualquer atividade a desenvolver, e posteriormente procurar estratégias de utilização dos recursos existentes de forma a atingir os objetivos propostos.

Finalmente, foi solicitado aos formandos a preparação de uma apresentação, utilizando os recursos disponíveis *online*, acerca do próprio centro, de forma a que os alunos conheçam previamente o espaço que vão visitar, reduzindo assim o impacte da novidade e do desconhecido inerente a qualquer visita a um espaço novo, e que poderão funcionar como um distrator da atenção.

3ª Sessão: "Como acontece uma visita escolar?"

Nesta sessão os formandos foram convidados a refletir acerca do papel desempenhado pelos diferentes intervenientes numa visita de estudo ao centro: professor, alunos e monitor (como especialista nas exposições presentes no centro de ciência).

Nesta sessão como primeira atividade, os formandos foram convidados a analisarem de forma crítica duas "demonstrações" acerca do papel que um monitor pode assumir. Na primeira, o monitor solicitou aos formandos que realizassem determinada

experiência, assumindo em simultâneo um papel provocador e inquiridor, lançando sempre novas questões sobre a experiência que está a decorrer. Na segunda, o monitor assumiu um papel autoritário, realizando a experiência sem solicitar qualquer intervenção por parte dos formandos e sem responder a qualquer das questões levantadas por eles. Com esta atividade foram exploradas as estratégias que podem promover a reflexão, a curiosidade e a motivação dos alunos perante determinada experiência/fenómeno.

Como complemento a esta atividade, foi desenvolvida uma segunda atividade que consistiu na classificação dos diferentes recursos existentes no centro segundo o grau de interatividade (tendo sido discutido o seu significado). Com esta atividade foi trabalhada a necessidade de o aluno passar de observador passivo a executante ativo no sentido de proporcionar aprendizagens mais duradoiras.

Como terceira atividade, foi solicitado aos formandos que associassem determinada imagem do dia-a-dia a um determinado recurso presente na exposição. Com esta tarefa foram discutidas diferentes estratégias que possam promover o estabelecimento de ligações pessoais entre o aluno e os recursos expositivos, durante a sua exploração, de forma a que estes ganhem um significado pessoal (por exemplo através da sua ligação ao dia-a-dia).

Como última atividade, foi solicitado aos formandos o planeamento de um possível guião de exploração de um determinado módulo existente na exposição, seguindo o modelo de questionamento fornecido. Nesta atividade pretendeu-se aprofundar a necessidade de direcionar a exploração efetuada pelos alunos durante a visita, assim como a de adequar o nível de dificuldade dos guiões ao nível de escolaridade dos alunos.

4ª Sessão: "Atividades de reforço após uma visita escolar"

Com esta sessão pretendeu-se que os formandos refletissem acerca da necessidade de se avaliar as visitas escolares, em todas as fases: antes, durante a após a visita.

Numa primeira atividade, os formandos tiveram de escolher um, e apenas, um parâmetro a avaliar (de uma lista fornecida) no decurso de uma visita de estudo ao centro de ciência, justificando a escolha efetuada. No decorrer desta atividade foi

trabalhada a questão da possibilidade/necessidade de avaliar diferentes aspetos (conhecimentos, competências, atitudes) de acordo com os objetivos da visita.

Por fim, e como atividade integradora das diferentes aprendizagens, os formandos foram convidados a construir um guião de visita, tendo sido solicitado a sua explicação aos colegas da turma, de forma a poderem discutir entre todos as potencialidades e limitações de cada proposta.

4.3.2. Análise das Visitas Escolares Organizadas pelos Professores-Formandos

No excerto das Notas de Campo abaixo transcrito é apresentada a descrição de um exemplo de uma visita típica, organizada pelos professores-formandos no decorrer do curso de formação em análise, estando baseada nas observações efetuadas a um grupo de alunos do 3º ano (1º ciclo do ensino básico).

Notas de Campo:
(14h; 20 alunos do 3º ano, uma professora e uma auxiliar). O grupo chega à exposição. A professora revê com os alunos as regras de conduta a observar durante a visita. Toda a turma segue a professora numa visita muito breve ao espaço da exposição (cerca de 5min.). As crianças parecem estar bastante excitadas e curiosas acerca do que vão ver, levantando muitas questões. Cada grupo, previamente formado, dirige-se para o módulo que lhe foi atribuído (previamente, em sala de aula) (cada aluno parece saber perfeitamente para onde se dirigir). Todos os alunos têm um guião. A regra de trabalho é a de que cada grupo terá de explorar primeiro o módulo que lhe foi atribuído, e só depois tentar preencher o guião. A resolução das questões presentes no guião parece basear-se apenas na leitura dos painéis de informação (ou seja, podem ser respondidas apenas pela procura de informação escrita), em vez de se basearem em informação recolhida pela observação do próprio módulo. Os alunos começam a sentir-se um pouco perdidos pois parecem não compreender qual o propósito dos guiões, e onde procurar a informação. Estão constantemente a recorrer ao professor, questionando-o acerca do que devem escrever. O professor procura não

lhes dar respostas diretas. Desloca-se por todos os grupos, questionando os alunos acerca dos módulos, e desafiando-os a refletir no que estão a observar. Quando um grupo termina de preencher o guião, começa a realizar a atividade experimental associada ao módulo. Os alunos não parecem familiarizados com os protocolos experimentais. Estão extremamente agitados. Começam a questionar continuamente o professor acerca do que têm de fazer, de quais os passos a seguir, ignorando o protocolo. Finalmente, com alguma ajuda do professor, percebem que têm de seguir os passos do protocolo. A maioria dos alunos segue os passos indicados mas não regista quaisquer dados, qualquer observação, nem conclui nada acerca da experiência que realizou. Sempre que um grupo termina a experiência, os alunos começam a circular pela sala para ver o que os outros estão a fazer. A visita terminou (15h). Todos os grupos terminaram de preencher os respetivos guiões a tempo.

Em todas as visitas observadas tornou-se evidente que os alunos tinham sido previamente apresentados ao espaço do museu (através de fotografias ou do site do centro) e aos diferentes recursos disponíveis. Além disso, em todas as visitas observadas os alunos já vinham organizados em grupos, tendo sido previamente discutidas as regras de comportamento durante a visita ao centro. No entanto, nalgumas turmas, foram detetados alguns problemas de funcionamento nos grupos, tendo-se observado que alguns alunos funcionavam de forma independente do seu grupo.

Em todas as visitas os alunos foram convidados a conhecerem primeiro o espaço (antes de começarem a explorar os recursos que lhes foram atribuídos). No entanto, nalgumas visitas o tempo de exploração foi extremamente curto, assumindo a forma de um mero "passeio" pela sala (duração inferior a 5minutos).

Em todas as visitas observadas os alunos tiveram de seguir um guião de visita, em geral com uma estrutura bastante rígida (seguindo muitos dos exemplos dados nas sessões teóricas). A maioria das questões era fechada, não permitindo grande alternativa de resposta. Estes guiões revelaram-se extremamente reducionistas, visto focarem-se essencialmente na procura de informação escrita, em vez de estarem focados na promoção da observação e interpretação dos objetos e fenómenos observados. Além

disso, muitos dos grupos não perceberam qual a finalidade do guião, ou porque não entendiam as questões que lhes eram colocadas, nem o tipo de respostas que lhes eram solicitadas, ou porque não sabiam onde procurar a informação. Finalmente, todas as visitas terminaram sem que tivesse havido um tempo de troca de experiências e de reflexão acerca do que aprenderam.

Em relação ao papel assumido pelo professor, em todas as visitas observadas verificou-se que o professor assumiu um papel bastante ativo, acompanhando todos os grupos na exploração dos recursos atribuídos ao grupo e no preenchimento do guião respetivo, procurando promover e incentivar a procura da informação pelos próprios alunos, através de um questionamento permanente.

No que diz respeito ao envolvimento do aluno, em todas as visitas observadas os alunos mostraram-se extremamente curiosos de início, levantando inúmeras questões, demonstrando uma enorme vontade de explorar todos os recursos, e de preencher os guiões. No entanto, com o decorrer do tempo de visita observou-se alguma desmotivação por parte de alguns alunos (principalmente daqueles que não entendiam o que estavam a ler, ou o que lhes era pedido no guião). Um aspeto interessante, foi o facto de se ter observado nos alunos uma total inexperiência na realização das experiências propostas; apesar de todos eles demonstrarem uma forte motivação para as realizar não pareceram familiarizados com os protocolos, não sendo capazes de compreender os passos a seguir, nem se mostrando interessados em procurar uma explicação para os fenómenos observados.

4.3.3. Avaliação do Programa pelos Professores

No geral, a apreciação do programa de formação pelos professores (quadro 11) é positiva ou muito positiva, no que diz respeito ao seu interesse (95%), nível de compreensão (100%), aplicabilidade a contextos escolares (92%) e a outros centros de ciência (97%), e relevância em termos de enriquecimento científico (92%) e pedagógico (97%).

Quadro 11.
Apreciação geral do curso pelos professores (n=38): (1) muito negativo; (2) negativo; (3) positivo; (4) muito positivo.

Avalie o curso segundo o seu nível de:	1	2	3	4
• Interesse	0	2	19	17
• Nível de compreensão	0	0	24	14
• Aplicabilidade a contextos escolares	0	3	19	16
• Aplicabilidade a outros centros de ciência	0	1	23	14
• Relevância para o enriquecimento científico	0	3	26	9
• Relevância para o enriquecimento pedagógico	0	1	24	13

No que diz respeito aos aspetos negativos, os professores inquiridos referiram a necessidade de haver mais horas de formação devido à complexidade dos temas (envolver muitos conceitos científicos) e diversidade das temáticas exploradas (7 professores), e alguma inadequação das estratégias exploradas para serem aplicadas a alunos mais novos (do 1º ano) (3 professores). Três dos professores inquiridos consideraram que a formação não terá atingido alguns dos seus principais objetivos, já que um deles criticou o facto de não ter podido desenvolver a sua visita de estudo na mesma exposição explorada durante o curso (por questões de organização das diferentes visitas já agendadas para a exposição), o que parece ser revelador da sua conceção de que as aprendizagens realizadas apenas se adequariam à exposição trabalhada durante a formação, e dois referiram que o curso não os ajudou a conseguir desenvolver um plano adequado para a organização de uma visita de estudo a um centro de ciência.

Quanto às razões dadas pelos professores (quadro 12) para frequentarem o curso de formação, a maioria relacionou-se com as suas necessidades profissionais de formação (tabela 2), tanto pedagógica (89%) como científica (76%). Outra razão referida prendeu-se com o facto de o curso ser creditado, e portanto contribuir para a progressão na carreira (89%).

Quadro 12.
Avaliação dos motivos de frequência do curso e dos seus impactes (n=38).

Razões para ter frequentado o curso:	Sim	Não
• Curso de poucas horas	15	23
• Corresponde a uma necessidade pedagógica	34	4
• Corresponde a uma necessidade científica	29	9
• Curso creditado	34	4
• Para acompanhar colegas	10	28
Com este curso:	Sim	Não
• Ficou com vontade de organizar outras visitas escolares a centros de ciência	34	4
• Acha mais fácil organizar visitas escolares a centros de ciência	35	3
• Continua a ter dificuldade em organizar visitas escolares a centros de ciência	6	33

Cerca de metade dos inquiridos (45%) nunca tinha organizado uma visita escolar a um centro de ciência (ver quadro 13), tendo justificado esse facto com questões maioritariamente relacionadas com a não familiaridade com as exposições (59%) e a complexidade do conhecimento científico normalmente envolvido nas mesmas (53%). Além disso, a maioria referiu as questões relacionadas com o intenso trabalho extra necessário para a organização de uma visita de estudo (71%).

Quadro 13.
Razões para a não organização de visitas de estudo a um centro de ciência.

	Sim	Não
Já alguma tinha organizado uma visita de estudo a um centro de ciência?	21	17
Se respondeu negativamente, indique as razões:	Sim	Não
• É difícil porque não conheço as exposições	10	7
• É difícil devido à complexidade dos conhecimentos científicos envolvidos	9	8
• É difícil devido ao trabalho intensivo que envolve	12	5
• É difícil promover o envolvimento de todos os alunos	5	12

Quanto aos impactes do curso de formação, a maioria dos inquiridos considerou ter ganho maior confiança (84%) e maior vontade (92%) para organizar visitas de estudo a centros de ciência (ver quadro 12). Quando questionados sobre as mudanças ocorridas na sua perspetiva sobre a forma como se organizam visitas de estudo a centros de ciência, a maioria dos inquiridos referiu uma maior consciencialização acerca da necessidade de dar mais atenção à preparação da visita (19 professores). Referiram também aspetos relacionados com o desenvolvimento da própria visita (sete professores), nomeadamente uma maior consciencialização acerca da importância do papel do professor (dois professores) e do monitor (um professor) durante a visita. Dois professores referiram a importância de ligar a visita com o trabalho desenvolvido em sala de aula e dois professores referiram questões relacionadas com a necessidade de avaliar as aprendizagens dos alunos. Finalmente, alguns professores (oito) referiram um impacte mais geral na sua visão acerca das visitas escolares, sensibilizando-os para a necessidade de explorar adequadamente as visitas de estudo de acordo com as suas inúmeras potencialidades.

4.3.4. Análise Crítica do Curso segundo os Critérios de Avaliação Propostos

No seu conjunto este programa de formação apresenta-se extremamente bem organizado, seguindo uma estrutura adequada aos objetivos a que se propõe. A maioria das atividades propostas e dos materiais utilizados são os mais adequados para atingir os objetivos propostos (Eficácia) e de acordo com os resultados do questionário, o curso está de facto relacionado com as necessidades dos professores (Pertinência). No que diz respeito aos seus impactes, no geral o curso parece ter atingido os seus principais objetivos, visto os professores terem referido o facto de se sentirem mais capazes e com maior vontade de organizar visitas escolares a centros de ciência (Eficiência). Além disso, os professores parecem ter desenvolvido maior consciência acerca do seu papel durante uma visita de estudo, assumindo em todas as visitas observadas uma atitude interventiva, procurando guiar as explorações realizadas pelos alunos.

No entanto, e contrastando os objetivos propostos neste curso de formação com as observações realizadas das visitas organizadas pelos professores-formandos, para que os resultados atingidos correspondam de facto a todos os objetivos definidos (maior Eficácia) e para garantir a extensão dos seus efeitos na organização de visitas a outros centros de ciência, salientam-se alguns aspetos que necessitam de serem trabalhados:

- Promover a reflexão sobre a possibilidade de desenvolver diferentes estratégias em qualquer dos ambientes considerados;

Nas atividades de reflexão acerca das semelhanças e diferenças entre os ambientes de aprendizagem formais e não formais, poderão ser exploradas atividades de diferentes naturezas a serem realizadas no centro de ciência, de forma a trabalhar com os formandos a possibilidade de se criarem situações com diferentes características (maior ou menor estruturação, autonomia, etc.), tanto num ambiente de sala de aula como num centro de ciência, dependendo dos objetivos de aprendizagem pretendidos e não do facto de decorrerem num centro de ciência ou numa escola. De facto, os contextos não-formais ocupam um espaço importante e único na aprendizagem das ciências, apresentando características únicas e complementares às características dos contextos escolares (Bell et al., 2009; Jarvis & Pell, 2004; Pedretti, 2002; Ramey-Gassert et al., 1994). A aprendizagem neste tipo de ambientes pretende promover um leque muito alargado de vivências, tais como inspirar reações emocionais positivas, promover a reformulação de ideias, a aquisição de conceitos científicos novos, a compreensão acerca do valor social e pessoal da ciência, e a promoção de experiências vivenciadas acerca dos fenómenos naturais (Bell et al., 2009), o que não terá sido explorado de forma aprofundada nas visitas organizadas pelos formandos, que seguiram todas uma estrutura de exploração dos módulos da exposição bastante rígido.

- Trabalhar a necessidade de as visitas de estudo terem de envolver aprendizagens que de alguma forma tenham significado para os alunos, isto é, virem no seguimento de determinados temas trabalhados, virem responder

a questões levantadas pelos próprios alunos, ou servirem de motivação para começar um novo tema;

Na segunda sessão pretende-se que os formandos se apercebam da necessidade de preparar previamente a visita de estudo para que esta decorra de uma forma organizada. No entanto a principal ênfase foi dada às questões de redução do "efeito surpresa", com a apresentação do espaço aos alunos, e a questões de organização do trabalho no próprio centro, nomeadamente à necessidade de pré-definir os objetivos, as atividades e os grupos de trabalho, o que parece ter sido um objetivo plenamente conseguido visto em todas as visitas observadas ter havido uma preocupação em apresentar previamente o espaço expositivo aos alunos. No entanto, seria também importante dar maior ênfase à necessidade de as atividades a decorrer durante a visita ao centro terem um significado para os próprios alunos, i.e., virem responder a questões levantadas pelos próprios, o que poderia prevenir a desmotivação observada no decorrer da visita.

Um dos desafios educacionais chave para os museus e centros de ciência é conseguir desenvolver uma ligação entre as respostas emocionais e sensoriais com os fenómenos científicos. A associação do pensamento científico com eventos agradáveis e envolventes e com produtos do mundo real pode criar importantes conexões a um nível pessoal (Bell et al., 2009; Tunnicliffe, Lucas & Osborne, 2007). Quando essa partilha de objetivos não ocorre, entre o professor e os alunos, em geral os alunos têm tendência a dispersar-se muito mais durante a visita, dando atenção a aspetos das exposições de alguma forma irrelevantes para a temática em estudo (Griffin, 1998), tal como se observou em muitos dos grupos de trabalho à medida que a visita decorria.

- Promover o desenvolvimento de outras formas de exploração dos centros de ciência para além da utilização de guiões, tais como, desenvolver estratégias de aprendizagem por investigação e resolução de problemas, e salientar a importância da existência de um tempo de exploração livre por parte dos alunos durante a própria visita.

O modelo sugerido neste programa revelou-se redutor, constituindo-se como estratégias de exploração um pouco rígidas e pouco permeáveis à diversidade de alunos e de interesses, encontrando-se, além disso, totalmente direcionado para a recolha de informação escrita. Este facto revelou-se um pouco contraproducente, tendo-se observado que alguns alunos não perceberam qual a finalidade do guião, não entendendo as questões que lhes eram colocadas, e mostrando alguma desorientação relativamente à procura de informação

A utilização de guiões como forma de estruturar as visitas escolares tem sido largamente explorada (ex. Bamberger & Tal, 2006; Griffin, 2004; Kisiel, 2003; McManus, 1985; Mortensen & Smart, 2007; Parsons & Muhs, 1994; Price & Hein, 1991), tendo-se obtido resultados contraditórios (ver Kisiel, 2003 para uma revisão). Enquanto alguns autores evidenciaram o facto de a sua utilização melhorar as aprendizagens realizadas (ex. Burtnyk, 2004; Canizales de Andrare, 1990), noutros casos, a sua utilização tem sido muito criticada pelo facto de impor grandes restrições aos seus utilizadores, nomeadamente pelo facto de enfatizar a leitura dos textos informativos em vez da observação dos objetos expostos (Fry, 1987; Griffin, 1999), interferindo com as interações sociais durante a visita (Parsons & Muhs, 1994), ou pressionando os alunos a preencherem o guião em detrimento da exploração do resto da exposição (Lucas, 2000), tal como foi observado no decorrer das visitas observadas, nas quais o tempo de exploração da exposição no seu conjunto foi extremamente curto. De acordo com diversos autores (ex. Griffin & Symington, 1997; McManus, 1985), os próprios recursos do museu, i.e. os objetos expostos, é que deverão constituir o principal foco da atenção e interesse dos alunos, e não a mera preocupação em terminar o preenchimento de um guião (com o objetivo de cumprir a tarefa que lhes foi dada).

Kisiel (2003) efetuou uma análise dos guiões oferecidos por doze museus de ciência tendo sugerido um sistema de classificação dos mesmos segundo oito características, com implicações nas aprendizagens dos alunos:

- Número de atividades propostas; quantidade de trabalho proposto (número de questões, tempo por galeria, tempo requerido para responder a cada questão);

- Existência ou não de pistas orientadoras; indicações acerca de como encontrar as galerias, os objetos, etc;
- Especificidade relativamente aos locais a explorar; áreas do museu onde o guião pode ser respondido; uma fraca especificidade implica que a/as tarefas não estão limitadas a uma única galeria, ou objeto;
- Fontes de informação a utilizar; a natureza da informação permite classificar as atividades propostas no guião; Fry (1987) e Kisiel (2003) distinguem duas categorias de fontes possíveis: fontes textuais (que requerem uma resposta pela leitura dos painéis informativos) e fontes dependentes dos objetos (que requerem uma resposta baseada na observação);
- Nível de escolha; indica a extensão em que o guião permite ao aluno o controlo e o nível de decisão acerca das tarefas a realizar; pode variar entre "sem escolha" (a tarefa apenas tem uma resposta correta possível), "alguma escolha" (a tarefa tem várias respostas possíveis) e "escolha total" (as tarefas aplicam-se a múltiplos contextos expositivos);
- Nível cognitivo das atividades a desenvolver; relaciona-se com os objetivos de aprendizagem definidos por Bloom, Engelhart, Furst, Hill e Krathwohl (1956), nomeadamente, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação;
- Formato de resposta; poderá ser individual e/ou em grupo, escrita e/ou verbal.

Tendo em conta estas características, diversos autores (Fry, 1987; Griffin, 1998; Kisiel, 2003; McManus, 1985) têm sugerido que os guiões, a existir, não deverão apresentar grande quantidade de tarefas, permitindo uma exploração mais livre e descontraída da exposição; deverão apresentar informação clara e precisa acerca dos locais e da forma de recolher informação; deverão apresentar questões principalmente relacionadas com os objetos expostos (e não apenas com os textos informativos); envolver uma grande diversidade de atividades (tarefas de diferentes naturezas, envolvendo atividades com diferente exigência cognitiva, e com diferentes graus de abertura) e estimular a interação social (baseando-se fundamentalmente no trabalho de grupo). Além disso, deveriam ser proporcionadas maioritariamente atividades abertas, que requerem dos alunos tarefas de observação, discussão e dedução.

De acordo com vários autores (Bybee, 2001; Hofstein, Bybee & Legro, 1997; Jarvis & Pell, 2005; Tunnicliffe et al., 2007), estas estratégias parecem promover o interesse e motivação do aluno, de qualquer idade, pela aprendizagem da ciência, assim como a utilização de competências intelectuais, como o pensamento crítico e a reflexão, juntamente com a aquisição de conhecimento. Por outro lado, proporcionam oportunidades para o desenvolvimento de importantes competências complementares, como sejam o trabalho colaborativo e a comunicação.

No entanto, tal como já foi referido, a maioria dos guiões elaborados pelos professores-formandos apresentou um formato muito rígido, constituído por questões fechadas, cuja resposta se encontrava essencialmente na forma escrita (fornecida pelos textos de apoio aos módulos), não dependendo da manipulação dos módulos nem da discussão entre os membros de cada grupo.

- Dar maior ênfase à importância da existência de um tempo de troca de experiências por parte de todos os participantes na visita (reflexão conjunta acerca do que viram, trabalho de grupo); Trabalhar com os formandos a importância da interpretação e discussão dos resultados obtidos com as experiências realizadas.

Esta questão poderia ser mais trabalhada, por exemplo através da reflexão acerca da importância de pôr os alunos a explicar o que vêm/fazem aos colegas (troca de experiências). Segundo Diamond (1986), existem evidências substanciais de que as interações sociais entre os visitantes podem ser importantes na estimulação da aprendizagem. Os ambientes dos centros de ciência parecem ser ideais para o desenvolvimento de conceitos científicos, já que há uma grande ênfase nas atividades manipulativas relacionadas com objetos e eventos reais, através do investimento na interação social e na performance do grupo (Falk & Dierking, 2000; Jarvis & Pell, 2004; Ramey-Gassert et al., 1994). A aprendizagem nestas instituições não-formais (como os museus e centros de ciência), que é caracterizada por ser centrada no aprendente, auto-regulada e situada, envolve ativamente os parceiros (colegas) em

interações sociais (Black, 2005; Griffin, 1998; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Priest & Gilbert, 1994; Ramey-Gassert et al., 1994).

Os professores deveriam criar mecanismos para os alunos pesquisarem informação e interagirem com os colegas, enquanto interagem com a exposição, como uma forma de dar suporte e valorizar o divertimento apropriado, promovendo simultaneamente as interações sociais direcionadas para a compreensão dos fenómenos em observação (Black, 2005; Griffin, 1998; Jarvis & Pell, 2005; Tunnicliffe et al., 2007). Segundo Griffin (1998), a aprendizagem através das interações sociais reforça as interações com a própria exposição. No decorrer dessas interações, os professores terão como principal função a de facilitar e estimular a aprendizagem, através de um constante questionamento, capaz de promover a discussão e reflexão acerca daquilo que foi observado (Tunnicliffe et al., 2007).

Concluindo, o desenvolvimento de um curso de formação para professores num centro de ciência, no qual os participantes possam discutir de forma crítica, entre si e com os monitores, os diferentes aspetos das exposições, e podem planear visitas escolares a serem implementadas no contexto das exposições, demonstrou ter ajudado os professores a adquirir um conhecimento mais aprofundado acerca dos recursos presentes nos centros de ciência, a adquirir maior consciência acerca da importância de conhecerem previamente as exposições antes de organizarem uma visita de estudo, e de assumir uma postura ativa durante a própria visita, ajudando assim os professores a capitalizar sobre as oportunidades oferecidas por estas instituições de ensino não-formal, no sentido de enriquecer e reforçar as aprendizagens da ciência em contexto escolar.

No entanto, e tendo em conta a análise efetuada, este curso de formação poderia ser assinalavelmente enriquecido através da criação de uma parceria com as instituições de formação de professores, no sentido de dar resposta à necessidade de explorar com os professores-formandos o desenvolvimento e implementação de estratégias pedagógicas que sejam promotoras de uma maior autonomia por parte dos alunos e que suportem uma aprendizagem com significado para os mesmos, durante o decorrer das próprias visitas de estudo, tais como atividades investigativas e de resolução de problemas, centradas nos recursos do museu ou centro de ciência.

4.4. Estudo 4. Planeamento, Implementação e Avaliação de uma Proposta de Atividade na Escola e no Museu (Artigo IV)

Neste estudo 4, este capítulo encontra-se dividido em três secções. Na primeira secção é apresentada a descrição da atividade proposta. Na segunda secção são apresentados os resultados da análise dos questionários aplicados e da entrevista realizada com os alunos. Por último, é apresentada a discussão dos resultados obtidos.

4.4.1. Atividade Proposta: Um Rei que se tornou Pioneiro da Oceanografia em Portugal

4.4.1.1. Contexto histórico

O tema central das atividades desenvolvidas neste estudo envolve o trabalho de D. Carlos de Bragança, Rei de Portugal de 1889 a 1908, que foi um oceanógrafo pioneiro que se dedicou ao estudo da fauna costeira Portuguesa. No início do séc. XX, o estudo do mar estava a dar os seus "primeiros passos". Por exemplo, a vida a grandes profundidades não era aceite pela comunidade científica, mesmo na presença de inúmeras evidências a seu favor, devido ao trabalho de Edward Forbes em 1841 no Mar Egeu. De acordo com Forbes, não poderia existir vida a profundidades superiores a 660m devido à ausência de luz e às baixas temperaturas, características típicas das grandes profundidades ("teoria da zona azóica"). Os cientistas estavam tão convencidos desta ideia errada, que Barbosa du Bocage, outro Português dedicado ao estudo do mar, ao descrever uma nova espécie capturada por pescadores locais, em 1864, não referiu que esta tinha sido recolhida a uma profundidade superior a 660m. Apenas 7 anos mais tarde, em 1871, é que foi revelada essa informação, após terem surgido numerosas evidências similares em todo o mundo. Algumas dessas evidências foram obtidas em Portugal, onde pescadores de Setúbal e de Sesimbra costumavam capturar tubarões a cerca de 1200m de profundidade.

O Rei D. Carlos dedicou-se ao estudo do mar, tendo-se preocupado em acumular dados de uma forma sistemática. Durante os 12 anos de campanhas oceanográficas realizadas ao longo da costa Portuguesa, o Rei coligiu um rico inventário da fauna costeira Portuguesa. D Carlos registou também numerosas observações acerca da

distribuição geográfica, do comportamento, e do valor económico das espécies capturadas, assim como dos métodos utilizados na sua captura. Além disso, realizou também inúmeros desenhos e aguarelas que ilustram os espécimes biológicos e os fenómenos naturais.

D Carlos teve também um importante papel como divulgador da ciência para o público em geral. Organizou inúmeras exposições, nacionais e internacionais, onde foram apresentados os espécimes biológicos capturados e os instrumentos oceanográficos utilizados (ex. 1897, Museu de Ciência de Londres; 1898, Aquário Vasco da Gama; 1902 e 1903-1904, Museu de Ciência do Porto; 1904, Sociedade de Geografia de Lisboa; 1906, Museu de Ciência de Milão). Alguns dos espécimes recolhidos foram enviados para o Museu Natural de Paris e de Londres.

O legado de D Carlos é notável, não só pelo conhecimento científico que representa, como pela inovação metodológica desenvolvida, tendo cruzado uma abordagem naturalista através da ilustração científica, com uma abordagem experimental através de um conjunto de procedimentos de recolha testados de uma forma sistemática. Os cadernos com os desenhos e aguarelas, com as notas de campo, as informações e dados recolhidos, assim como a coleção zoológica e os instrumentos utilizados durante as campanhas oceanográficas lideradas pelo Rei, fazem parte da exposição permanente do Aquário Vasco da Gama.

4.4.1.2. Descrição das atividades

Os tópicos selecionados resultaram da integração da temática relacionada com o trabalho do Rei com o currículo nacional de Biologia do ensino secundário, nomeadamente em relação aos seguintes temas: diversidade biológica, sistemática e natureza da atividade científica.

As atividades (que estão disponíveis na página do projeto europeu HIPST, http://hipstwiki.wetpaint.com/page/King+D+Carlos%2C+a+naturalist+oceanographer) incluíram uma sessão prévia à visita, com atividades de orientação para a temática, a decorrer em sala de aula, dois *workshops* a decorrer no Aquário Vasco da Gama, e uma sessão posterior à visita, com atividades de consolidação, a decorrer em sala de aula. Na sessão de orientação, os alunos analisaram dois excertos do Diário do Rei relativos à

campanha oceanográfica de 1897 (Bragança, 1957) e os respetivos relatórios científicos. Os principais objetivos desta análise foram: discutir diferentes formas de reportar os dados, seja no campo seja em laboratório; conhecer diferentes métodos de recolha e preservação de espécimes biológicos e comparar os métodos utilizados no passado com os atuais; refletir acerca das características de personalidade dos cientistas.

No Aquário, os alunos participaram ativamente em dois *workshops*, um sobre classificação biológica e outro acerca de desenho por observação. No primeiro *workshop*, os alunos foram introduzidos ao trabalho do Rei, à sua coleção e aos métodos de captura utilizados. Além disso, compararam o sistema de classificação biológica utilizado pelo Rei com o atual. Na sessão prática os alunos realizaram uma visita guiada à coleção do Rei (espécimes recolhidos e instrumentos utilizados) e classificaram um conjunto de organismos marinhos, presentes na exposição do Aquário, com a ajuda de uma chave dicotómica, criada para ao efeito. No segundo *workshop*, os alunos foram introduzidos ao tema da ilustração biológica e às técnicas de desenho por observação. Na sessão prática, observaram e desenharam alguns organismos presentes na exposição do aquário, como forma de apreender a diversidade de formas, cores e funções dos organismos (Weitzman, 2003).

Na sessão de consolidação, os alunos analisaram excertos de textos de um oceanógrafo contemporâneo, Luiz Saldanha (Saldanha, 1996), acerca do trabalho científico do Rei e acerca do contexto histórico da época, nomeadamente em relação à "teoria de Forbes da zona azoica" (descrita anteriormente) e sobre a relutância dos cientistas em utilizar a evidência obtida por cidadãos comuns (pescadores portugueses). O principal objetivo foi o de refletir acerca da construção do conhecimento científico, acerca da importância da publicação científica para a validação desse conhecimento e acerca da influência que a sociedade tem na sua construção.

As estratégias utilizadas no decorrer das atividades foram o trabalho colaborativo, discussão, interpretação de documentos históricos originais, pesquisa na Internet, análise e confronto de diferentes ideias e métodos, utilização de chaves dicotómicas, observação e descrição de organismos vivos e desenho por observação (ver a descrição das atividades nas páginas seguintes)

Atividade de preparação da visita de estudo ao Aquário Vasco da Gama

Estas atividades centram-se no trabalho de D. Carlos de Bragança, rei de Portugal (1889-1908), um oceanógrafo pioneiro que se dedicou ao estudo da fauna costeira portuguesa tendo deixado um legado científico único. Durante 12 anos de campanhas oceanográficas (1896-1907) efetuadas ao longo do litoral Português, D. Carlos reuniu uma enorme colecção zoológica com elevado valor histórico e científico.

Leia com atenção os seguintes excertos retirados do "Diário Náutico do Yatch "Amélia" - Campanha Oceanográfica realizada em 1897" (ver em anexo I a cópia dos originais do Rei D Carlos).

Dia 7 de Maio de 1897
Suspendemos às 7h20am – céu claro, vento fraco NE. às 8h20am largamos 12 aparelhos em 238m de fundo (C^{bo} de Cezimbra 24ºNE – Espichel 24º N.O.) enquanto os aparelhos pescavam fizeram se pescas pelagicas com bom resultado: trez mantellas; Beroes; outros Ctenophorus; Physophorus; crustáceos macrurus; e larvas de crustáceos brachyurus; as 10h45am quisemos arpoar um Rolim (Orthagoricus mola), bateu lhe o harpão, mas largou-o, e desapareceu. Às 11am recolheram se os aparelhos = traziam trez espécies de cações e pescadas. Um dos cações (um pique) trazia parasitas crustáceos do género Pandarus =

As 12h20pm lançou se o arrasto em 137m de fundo (Espichel 23º NO – Castelo de Cezimbra 40º NE) = levantou se às 1h45pm (Espichel 32º NO – Castelo Cezimbra 18º NE). Trazia Comatulas a.a, turritellas, e poucos crustáceos = Às 2h45pm lançou se outra vez em 73m de fundo, próximo da costa ao largo de Cezimbra

levantou se às 3h45pm = pouco resultado.

As 4h10pm embarcamos o Girard e eu na baleeira para fazer umas dragagens litoraes junto à praia do Penedo, nenhum resultado deram. Antes de voltar para bordo fizemos algumas pescas pelagicas, com muito bom resultado.

As 6h20pm fundeamos outra vez na baia de Cezimbra. Obtivemos mais pescados entre 800m e 1200m os seguintes peixes: Peixes ratos (Malacus levis); Imperador (Beryx decadactylus); Salão (Beryx?); Abrotea (Phycis); Cantharilhos (Sebastes); e vários esqualos

27 de Maio de 1897

Largamos de Cezimbra às 8ham. Tempo nublado. Vento NW regular. As 9ham largamos o arrasto (Cabo d'Ares 68º NW – Palmella 32º NE) em 75m de fundo. Levantou às 9h35am – resultado quase nulo – Conchas mortas) Avicula; Cardita; Vénus; Calyhtraea; e uma pandora viva = lançou se o arrasto às 10h10am 38m (Ponta da Escada 72ºNW. Palmella 11º NE) meteu se dentro as 10h45am (Ponta da Escada 69º NW – Palmella 5º NE) trazendo: 2 Pleuronectes; e alguns moluscos = A rede veio toda cortada e ficou inutilisada = Substitui-se e as 11h lançou se outra vez (Convento da Arrábida 38º NO – Malha da costa 40º NE) em 62m fundo

Suspendeu-se às 11h30 por ter pegado no fundo trazendo:

Peixes: Callyonimus (a.a);
Lepadogaster (af);
Tunicados: Ascidias (a.a);
Crustáceos: Galathea (a.a);
Amphipodes
Moluscos: Inachus (a.a)
Artemis (a.a)
Venus (a.a)
Astarte (a.a)
Echinodermes: Ophiurideos (a.a)
Echinia.
Bryozooarios: (a)

Augmentando alguma causa o mar demandamos a barra de Setúbal e fomos fundear em Tróia as 1h30pm. Para poder concertar os aparelhos. As 3h fui na baleeira fazer algumas dragagens em 30m defronte de Tróia – Espongiários: Crustáceos (Henorpyrechus) as 5h fomos dar trez lances de chinchorro que produziram as seguintes Espécies: Choupas; Rascassos; Sargos; Linguados; Solhas (Arnoglossus mycrochirus); Gobius; Ruivos; Ratões; Uge; Tremelga; Hypocampus; Bodiões (Crenilabrus); Peixe Rei (Atherina); Carapaus e Petingas; Trathurus = Em covos fundeados na bahia de Cezimbra em 18m obtivemos 2 Bodiões; 5 Sargos; 6 Choupas; 1 Sarda; 1 Pic; 1 Salema.

1. Que tipo de informações são registadas no diário?

   Os alunos podem referir algumas das seguintes informações: meteorologia, coordenadas geográficas, batimetria, métodos de recolha, espécies recolhidas.

2. Como classificaria o trabalho desenvolvido pelo Rei D Carlos de acordo com as profissões atuais? Justifique.

Pressupõe-se que os alunos identifiquem o Rei como um cientista dedicado ao estudo da oceanografia. A justificação deverá ser baseada nos dados do texto.

3. Que características considera importantes para desenvolver este tipo de trabalho? Fundamente com exemplos dos textos.

Na resposta a esta questão espera-se que os alunos refiram alguns aspetos subjacentes à atividade científica, nomeadamente a persistência, o rigor, etc.

4. Enumere os métodos de recolha utilizados pelo Rei D Carlos. Averigue se estes métodos ainda são utilizados atualmente em trabalhos de investigação.

Com base da análise do texto os alunos deverão identificar as seguintes artes de pesca: covos, dragas, chinchorro, arrasto, pesca de arpão. Com base na pesquisa os alunos poderão referir que estes métodos continuam a ser utilizados atualmente, mas são complementados por métodos menos destrutivos como por exemplo o mergulho com garrafa.

Pode pesquisar nos seguintes sites:
http://www.horta.uac.pt/port/pesquisa/marine_ecology_1.html

Analise os registos do Rei D Carlos da campanha oceanográfica de 1897 (em anexo II), nos quais se sintetizam os resultados das recolhas em cada estação de trabalho, após análise laboratorial dos espécimes.

5. Compare quanto à natureza os registos anteriores com a descrição no diário do iate Amélia.

Nesta resposta os alunos devem evidenciar as diferenças entre o registo campo e o registo laboratorial, sendo que o segundo deverá apresentar maior rigor, maior sistematização da informação, etc.

6. Analise a ordem como as espécies são apresentadas no registo. Investigue a aleatoriedade dessa ordenação.

Os alunos devem chegar à conclusão que as espécies estão agrupadas por Filo.

Pode pesquisar no seguinte site ou no seu manual:
http://pt.wikipedia.org/wiki/Filo

"Os dois primeiros iates não dispunham de laboratórios e o estudo preliminar, a preparação e a conservação dos exemplares constituía um problema de difícil resolução. Era no entanto natural que a bordo existisse um paiol onde se armazenasse álcool, formol, frascos e outro material indispensável à conservação dos exemplares depois de colhidos. (…)

Devido a estas dificuldades e como os locais que prospectava habitualmente – costa da Guia, foz do Tejo, mares de Sesimbra – se encontravam perto de Cascais, D Carlos montou na Cidadela desta vila um laboratório com aquários, para onde eram transferidos os exemplares que o necessitavam, desde que se chegava a terra. Entre a colheita e os aquários os animais eram transportados em baldes cheios de água, onde se tentava mantê-los vivos, durante duas ou três horas.

Com os meios ao seu alcance, D Carlos diz ter obtido magníficos resultados na preparação e conservação dos invertebrados marinhos e dá-nos indicações sobre os processos utilizados, que eram de facto os melhores da sua época. A utilização de glicerina, por exemplo, permitia manter a cor dos exemplares, questão importante no estudo e exibição dos mesmos.

No Amélia III, mais espaçoso, D Carlos mandou transformar a sala de fumo em laboratório. (…) O mobiliário era completado por uma mesa para escrever e um grande armário onde se distribuíam livros, instrumentos de dissecção, produtos químicos necessários à anestesia, fixação e conservação do material biológico, estopa e algodão, bem como frascos de diversas dimensões. Presos às paredes, suspensos do tecto ou em prateleiras, encontravam-se os instrumentos de uso mais corrente, como garrafas para colheitas de água, termómetros, densímetros e outros. Se a instalação não era perfeita, permitia no entanto trabalhar. Para além disso, o laboratório tinha a possibilidade de ser transformado em câmara escura, não só para trabalhos fotográficos mas também para o estudo da luminescência dos peixes e invertebrados marinhos. (…)

Os peixes de grandes dimensões, que não podiam ser conservados em frascos com álcool ou formol, tinham de ser montados a seco e para tal eram enviados para a oficina de preparação do Real Museu de História Natural, que D Carlos criara no Palácio das Necessidades."

(retirado de Explorações submarinas de Luiz Saldanha *In* D Carlos de Bragança – A Paixão do Mar, 1996)

Figura 1. Fotografia de preparação microscópica de plâncton – crustáceo - (das primeiras efetuadas em Portugal)

7. Discuta a importância da realização de trabalho laboratorial após o trabalho de campo.

Com esta pergunta pretende-se que os alunos assinalem a importância da realização de um trabalho posterior ao trabalho de campo, nomeadamente o trabalho laboratorial, que devido às condições em que se realiza permite um maior rigor na organização e interpretação dos dados recolhidos no campo. Para além disso, devido à existência de equipamento específico permite efetuar observações que não podem ser realizadas fora do laboratório.

8. Compare os métodos utilizados pelo Rei D Carlos com os atuais na preparação e conservação de material biológico.

Através da pesquisa efetuada, os alunos devem concluir que os procedimentos utilizados pelo Rei são muito semelhantes aos utilizados atualmente. No entanto, existem algumas técnicas novas, como por exemplo a criogenia.

Pode pesquisar nos seguintes sites:

http://www.austmus.gov.au/fishes/faq/fixation.htm

http://www.airproducts.com/medical/pt/aplicaciones/criobiologia.html

http://www.dbi.uem.br/trabalhopratico.pdf

Observe as seguintes aguarelas do rei D. Carlos

9. Compare as duas aguarelas com os desenhos biológicos da respetiva espécie e argumente qual delas considera um registo biológico mais adequado.

Com esta questão pretende-se que os alunos compreendam que estão perante duas formas diferentes de desenho. No caso da primeira aguarela existe uma preocupação de rigor, pretendendo ser uma representação fiel do exemplar desenhado. No caso da segunda aguarela, estamos perante uma representação artística, que não pretende ser uma representação próxima da realidade. Tendo isto em atenção, devem assinalar a primeira representação como sendo a aguarela mais adequada enquanto registo biológico.

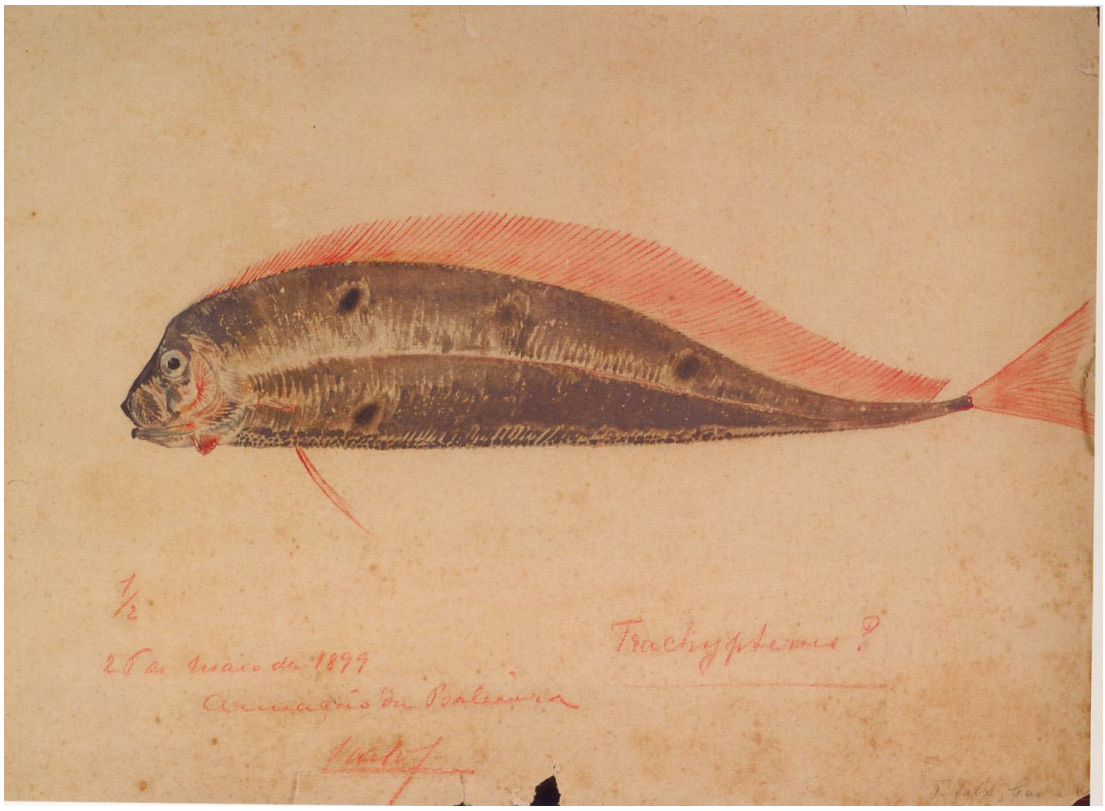


Figura 2. Aguarela e apontamentos do Rei D Carlos sobre exemplar piscícola – Campanha de 1889 (*Trachipterus arcticus)*.

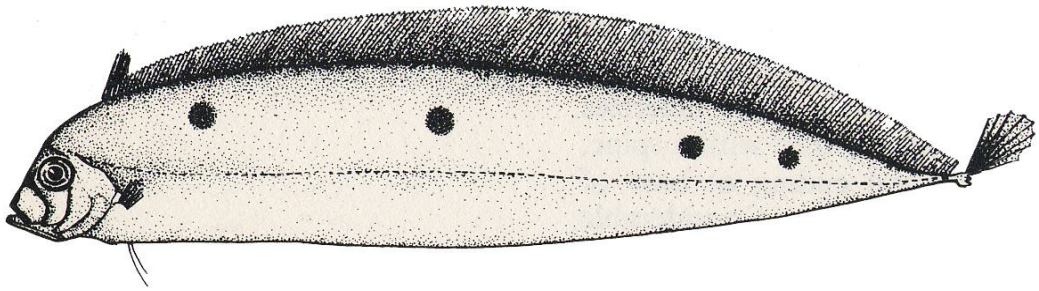


Figura 3. *Trachipterus arcticus* (retirado de: Check-list of the fishes of the eastern tropical atlantic, 1990, J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post e L. Saldanha (eds), UNESCO).

Nota: se quiser obter mais informações sobre esta espécie consulte o site
http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=3265&lang=Portuguese_po

Figura 4. Aguarela e apontamentos do Rei D Carlos sobre exemplar piscícola (1904) (*Alepocephalus bairdii).*

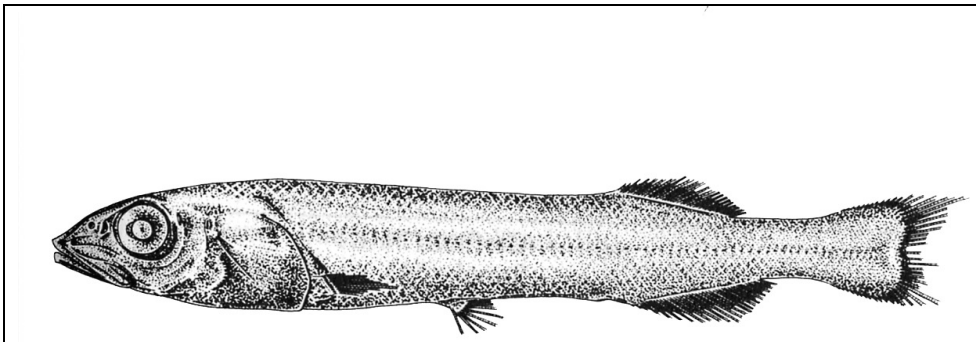


Figura 5. *Alepocephalus bairdii* (retirado de: Check-list of the fishes of the eastern tropical atlantic, 1990, J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post e L. Saldanha (eds), UNESCO).

Nota: se quiser obter mais informações sobre esta espécie consulte o site http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=230&lang=Portuguese_po

10. Discuta a necessidade da utilização do desenho biológico para o desenvolvimento do trabalho científico.

Com esta questão pretende-se que os alunos refiram alguns dos seguintes pontos: compreender a necessidade de se efetuarem desenhos rigorosos dos exemplares de forma a poder conhecer as espécies mesmo quando não se tem acesso aos espécimes reais; o desenho biológico contribui para uma maior compreensão das estruturas.

11. Represente através de um desenho a lápis o exemplar fornecido pelo professor.

Para esta atividade é necessário trazer um exemplar de peixe. (atenção: é necessário congelar o exemplar para poder ser reutilizado na aula pós-aquário)

Notas

Espécies

Se quiser obter mais informações sobre algumas das espécies capturadas pelo rei D Carlos consulte os sites:

Peixes

Beryx decadactylus (imperador):
http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=1319&lang=Portuguese_po

Phycis blennoides (abrótea): http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=1340

Spondyliosoma cantharus (choupa):

http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=1356&lang=Portuguese_po

Lepidotrigla cavillone (ruivo):

http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=1722&lang=Portuguese_po

Sarpa salpa (salema):

http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?id=204&lang=Portuguese_po

Sarda sarda (sarda):

http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=115&genusname=Sarda&speciesname=sarda

Crustáceos

http://pt.wikipedia.org/wiki/Crust%C3%A1ceo

http://www.geocities.com/maquaticos/crustaceos.htm

Moluscos

http://pt.wikipedia.org/wiki/Moluscos

http://curlygirl.no.sapo.pt/moluscos.htm

Equinodermes:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Equinoderme

http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=15634&iLingua=1

Artes de Pesca

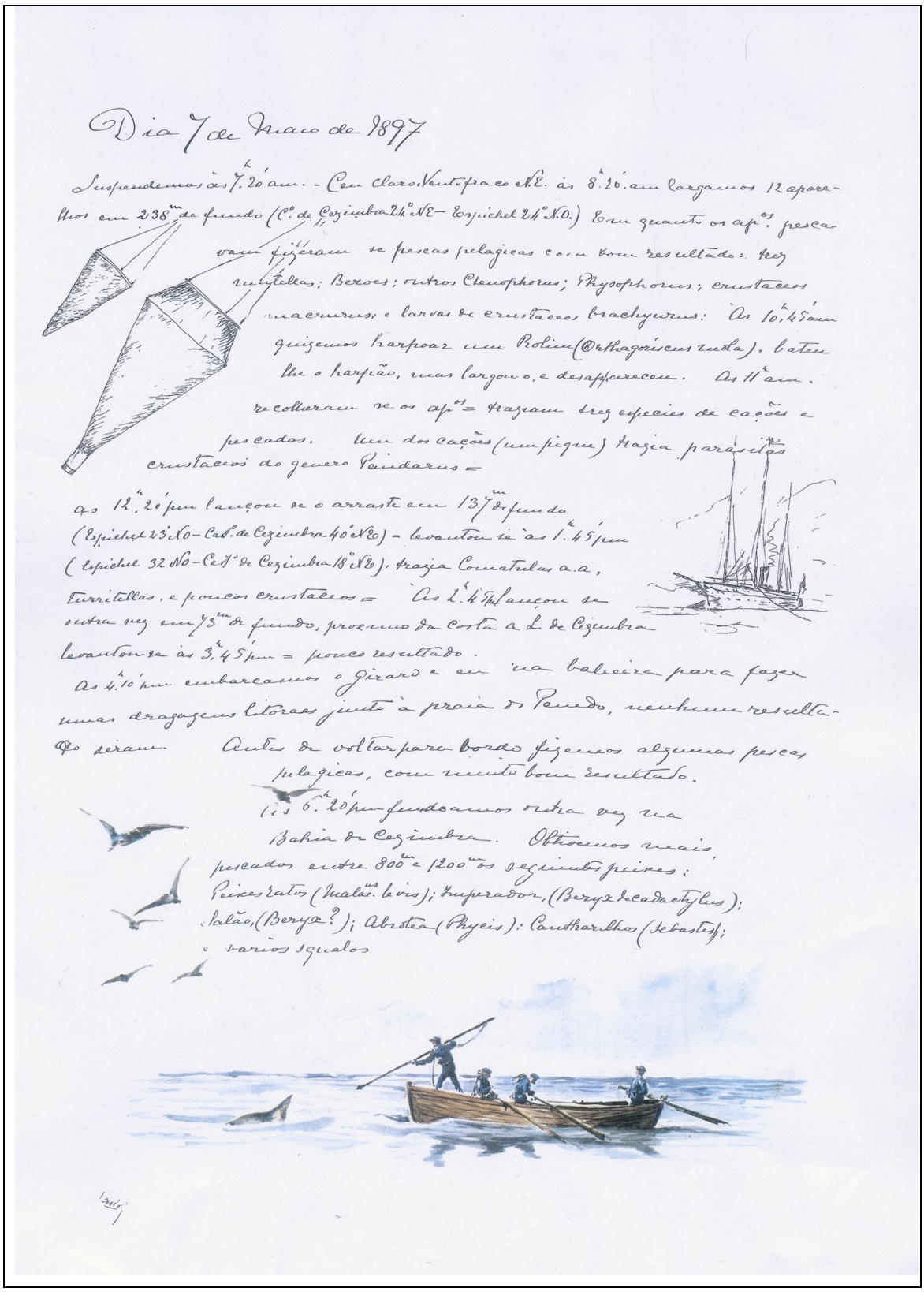
(retirado de: C. Nédélec, 1986, Definição e classificação das categorias de artes de pesca, Instituto Nacional de Investigação das Pescas).

Covos: Armadilhas circulares com cerca de 40cm de diâmetro e apenas com uma entrada. Construídas em arame. Próprias para capturar moluscos e crustáceos.

Dragas: Artes de pesca que revolvem o fundo, geralmente para capturar moluscos (ex. mexilhões, ostras, vieiras, amêijoas). As capturas são retidas numa espécie de saco ou crivo que permite a saída da água, areia e lodo.

Chinchorro: Arte de pesca por arrasto geralmente utilizada para a pesca da enguia, solha, linguado, robalo e caranguejos. A rede é lançada formando um círculo.

Anexo I. "Diário Náutico do Yatch "Amélia" - Campanha Oceanográfica realizada em 1897"



Dia 7 de Março de 1897

Suspendemos às 7.ʰ20 am. - Cen claro. Ventofraco de NE. às 8.ʰ20. am largamos 12 aparelhos em 238ᵐ de fundo (Cº de Cezimbra 24° NE – Espichel 24° NO.) Em quanto os apʳᵒˢ pescavam fizeram-se pescas pelagicas com bom resultado: trez rutilellas; Bexoes; outros Cleonophorus; Rhysophorus; crustaceos macrurus; e larvas de crustaceos brachyurus: Às 10.ʰ45 am quizemos harpoar um Rolim (Orthagoriscus mola), batemlhe o harpão, mas largou-o, e desappareceu. As 11.ʰ am. recolheram-se os apʳᵒˢ = trazião trez especies de cações e pescados. Um dos cações (um pique) trazia parasitas crustaceos do genero Caudarus =

As 12.ʰ20 pm lançou-se o arraste em 137ᵐ de fundo (Espichel 23° NO - Cab.ᵈ de Cezimbra 40° NO) - levantou-se às 1.ʰ45 pm (Espichel 32 NO - Cabᵈ de Cezimbra 18° NO). trazia Conuatulas a.a, Eurritellas, e poucos crustaceos = Às 2.ʰ45 lançou-se outra vez em 73ᵐ de fundo, proximo da Costa a L. de Cezimbra levantou-se às 3.ʰ45 pm = pouco resultado.

As 4.ʰ10 pm embarcamos o Girard e em uma baleeira para fazer umas dragagens litoraes junto à praia do Penedo, nenhum resultado deram. Antes de voltar para bordo fizemos algumas pescas pelagicas, com muito bom resultado.

Às 6.ʰ20 pm fundeamos outra vez na Bahia de Cezimbra. Obtivemos mais, pescados entre 800ᵐ e 1200ᵐ os seguintes peixes: Peixes ratos (Malaᵒˢ bois); Imperador, (Beryx decadactylus); Salão, (Beryx ?); Abrotea (Physeis); Cantharilhos (Sebastes); e varios iguais

27 de Maio de 1897

Largamos de Cezimbra às 8h am. Tempo nublado. Vento NW. regular
as 9h am. largamos o arraste (Cabo d'Ores 68° NW.- Palmella 32° NE) em 75m de fundo
levantou-se às 9h 35' am-resultado quasi nullo - Conchas (mortas) Avicula;
Cardita; Venus; Calyptraea; e uma pandora viva = lançou-se o arraste
as 10h 10' am 38m (Praia Escada 72° NW. Palmella 11° NE) metteu-se dentro as
10h 45' am - (Pta da Escada 69° NW- Palmella 5° NE) trazendo: 2 Pleuronectes (1 P.);
e alguns moluscos = A rede veio toda cortada e ficou inutilisada = substituio-se
e as 11h 7' lançou-se outra vez (Convento d'Arrabida 38° NO- Malha de Costa 40° NE)
em 62m fundo
Suspendeu-se às 11h 30' por ter
pegado no fundo trazendo:

Peixes: = Callyonimus (a.a);
Lepadogaster: (at:
Tunicados: Ascidias (a.a);
Crustaceos: Galathea (a.a.;
Amphipodes
Moluscos: Trachus (a.a.)
Artemis (a.a)
Venus (a.a)
Astarte (a.a)
Echinodermes: Ophiura d.a (a.a)
: Echinus.
Bryozoarios: (a)

Augmentando alguma cousa o vento demandamos a barra
de Setubal e fomos fundear em Troia as 1h 30' pm. Para poder
concentar os aparelhos. As 3h fui na baleeira fazer algumas dragagens
em 30m defronte de Troia - Espongiarios; Crustaceos (Stenorhynchus) as 5h fomos
dar dois lances de chinchorro que produziram as seguintes Especies: Choupas;
Brascassos; Sargos; Linguados; Soltas (Arnoglossus e Nyereliurus); Goluins; Reinos; Ratões; Lagartixas;
Tremelga; Hippocampus; Bodiões (cremilabrus); Peixe Rei (Atherina); Caranguejos e patinhas;
Frathurus: = Em cerco fundeados na bahia de Cezimbra em 18m obtivemos
2 bodiões; 5 Sargos; 6 choupas · 1 Sarda; 1 pic.; 1 Salema;

Anexo II. Registos da campanha oceanográfica de 1897

S. de Cezimbra 1/100.000

EStacão n. 50 Apparelho n. 3 Sondagem n.62.

Data-7 de Maio de I897

Profundidade- 238 metros.

Fundo- ? ..

Posicão- Espichel 24 ♌ N. W. m. 41,5 N.W. | 38° 19' 48" N

C. de Cezimbra 24 ♌ N. E. m. 41,5 N.E. | 9° 07' 10" W

(lancaram-se I2 apparelhos.).

Resultados- espécies vulgares não conservadas.

Avistou-se um rolim que se não conseguiu harpoar).

7-V-97
D. I.

Cezimbra — Mappa 1881 1/100.000

Estacão n. 51 Dragagem n. 53 Sondagem n. 63.

(V)

Data- 7 de Maio de 1897

Profundidade- 137 metros

Fundo- ?

Posicão- Inicial: Espichel 23 % N. W. m. 40°54'48" W N W =
C. de Cezimbra 40 % N. E. m. 22°37'N 18°E = } approximadamente

Final- : Es pichel 32 % N. W.m. 49°5'22" W N W =
C. de Cezimbra 18 % N. E. m. 0°50'N 8.6E = }

(Duracão 1 h. 25 ?)

1) { 38°. 21' 30" N
9°. 09'. 24" W

2) { 38°. 20' 33" N
9°. 06' 30" W

Resultado: Antedon. (a. a.) Frem.

7-V-97
D. 2.

Cruzeiro — Mappa 1882 1/100

Estação n. 52. Dragagem n. 54 Sondahem n. 64

Data- 7 de Maio de 1897

Profundidade- 73 metros.

Fundo- ? lodo

Posição- (Ponta do Caballo?
Espichel 20 ° N. W. m. 37,5 S.W.v
P. da Escada 78 ° N. W. m. 84,5 S.W.v) erro. erro.

Navegou-se para E. Dá uma pouca aproximação de terra

Resultados: Arnoglossus
Torpedo marmorata
Asterias

Pesca pelagica: plankton (a)
Salpas
Beroe
Decapodes juv.
Isopodes
Amphipodes
Acalephos
Couchia argentata, Pht
Spongiarios sobre algas

D. 2.

Cruzeiro — Mappa 1882 1/100

Estação n. 52. Dragagem n. 54 Sondahem n. 64

Data- 7 de Maio de 1897

Profundidade- 73 metros.

Atividade de consolidação da visita ao Aquário Vasco da Gama

Analise os seguintes textos.

Texto1:

"Em Portugal, o interesse pelos organismos não era letra morta e já nos princípios do Séc. XIX são publicados vários trabalhos pela Academia Real das Ciências de Lisboa, da autoria de Constantino Botelho de Lacerda Lobo e de um anónimo, em que são apresentados os peixes e o estado das pescarias do Algarve e do país. Num desses trabalhos (1815) são indicadas as grandes profundidades a que vivem alguns tubarões, como o albafar, pescado até 450 braças de profundidade. Estes dados são importantes para a compreensão do desenrolar dos conhecimentos sobre a fauna do domínio profundo marinho. Já na segunda metade do século passado, o grande naturalista José Vicente Barbosa du Bocage (1823-1907), fundador da zoologia em Portugal, debruça-se sobre uma esponja nova para a ciência, a que dá o nome de *Hyalonema lusitanica*, e que lhe é trazida pelos pescadores de esqualos de profundidade de Setúbal. Estes, bem como os de Sesimbra e Algarve, desde há muito que tinham desenvolvido a pesca com espinheis - linhas muito compridas com anzóis - que lhes permitiam atingir profundidades de 1200m. Presos aos anzóis vinham outros animais, como esponjas e gorgónias. Bocage publica igualmente sobre peixes cartilagíneos, em colaboração com Félix de Brito Capello (1828-1879), descreve em 1864, uma nova espécie, os esqualos de profundidade *Centroscymnus coelolepis.*

As provas de vida nas grandes profundidades oceânicas, embora tivessem sido obtidas por vários cientistas desde o início do século passado (e o nosso Lacerda Lobo foi um pioneiro nesta matéria), foram postas em causa pela comunidade científica no seguimento dos trabalhos de Edward Forbes no Mar Egeu, em 1841. Este investigador, no seguimento das dragagens que efetuou, postulou o princípio da rarefação ou ausência de vida abaixo das 300 braças de profundidade. Com efeito, a falta de luz, o frio e a pressão eram certamente fatores que impediam a existência de vida. O princípio enunciado ficou conhecido pela "teoria da zona azóica de Forbes", e impressionou de tal modo os espíritos da época, que mesmo depois de existiram mais provas irrefutáveis da existência de vida a maiores profundidades, muitos cientistas ainda tratavam o assunto com máxima cautela. É por isso que Barbosa du Bocage, quando em 1864 descreveu a *Hyalonema lusitanica*, não menciona por prudência a profundidade de colheita. Só o fez em 1871, após reflexão sobre as provas evidentes entretanto acumuladas, que incluiriam as dragagens de Percevel Wright ao largo da costa da Arrábida em 1868. Justificou-se dizendo que embora houvesse unanimidade no testemunho dos pescadores, julgou que eles exagerassem e que o animal deveria viver a profundidade inferiores às fixadas por Forbes como o limite da vida marinha animal.

A teoria de Forbes estava de facto tão enraizada que se tratava verdadeiramente de uma teimosia científica. Curiosamente, os pescadores de Setúbal capturavam esqualos de 1200m, enquanto os cientistas duvidavam da existência de vida abaixo de cerca de 550m de profundidade. A este propósito, escreveu D Carlos na sua obra sobre os esqualos de Portugal (1904): "Todos sabemos que n'uma epocha em que se discutia a não existência da vida animal, mormente para os animaes superiores, além de uma certa profundidade, os nossos pescadores de espinhel pescavam methodicamente os esqualos abyssaes, e traziam accidentalmente, presas aos anzoes dos seus apparelhos, grandes esponjas (*Hyalonema*, *Askonema*). A elles devemos a descoberta de bastantes espécies novas, algumas das quaes são, ainda hoje, só conhecidas dos nossos mares."

(Retirado de Luiz Saldanha, 1996 Explorações Submarinas In: D Carlos de Bragança – A paixão do Mar, editado pelo Parque Expo 98, S.A., pág. 33 e 32)

1. Qual o dilema científico discutido no texto?

   Será que só existe vida até às 300 braças (660m) de profundidade?

2. Comente a seguinte afirmação: "Por vezes o conhecimento predominante na comunidade científica condiciona a evolução do mesmo".

   Os alunos deverão referir os seguintes aspetos:

   - por vezes os conhecimentos existentes, pelo facto de estarem demasiado enraizados, impossibilitam a compreensão de novas descobertas e a sua integração no conhecimento científico aceite pela respetiva comunidade;
   - no texto é discutido um exemplo em que apesar de já existirem várias evidências da existência de vida para além do limite traçado por Forbes (ex. captura de tubarões a 450 braças de profundidade), a teoria da "zona azoica de Forbes" continuou a ser aceite como conhecimento científico válido.

3. Comente a importância da acumulação de factos que não são explicados pela teoria científica dominante para a evolução do conhecimento.

   Na resposta a esta questão deverá ser enfatizada a importância do aparecimento de factos não explicados pelas teorias aceites pela comunidade científica como motor para a necessidade de rever o conhecimento científico existente de forma a que o mesmo consiga explicar as novas evidências.

4. Com base na situação descrita no texto, discuta o possível contributo do cidadão comum (não-investigador) para a evolução do conhecimento científico.

Por vezes o cidadão comum, no decurso do seu dia-a-dia observa determinados aspectos do mundo natural que não são conhecidos pela comunidade científica. Em alguns casos este conhecimento pode contribuir para a evolução do conhecimento científico. No exemplo referido no texto, os pescadores já há muito sabiam da existência de vida para além do limite traçado por Forbes.

5. Como avalia a importância dada pela comunidade científica aos conhecimentos construídos pelo cidadão comum comparativamente ao gerado pelos investigadores.

O conhecimento construído pelo cidadão comum é na maior parte dos casos desvalorizado ou ignorado pela comunidade científica. Este facto pode dever-se a vários aspetos, tais como a aquisição desse conhecimento não seguir os trâmites aceites para a construção do conhecimento científico (metodologias de obtenção de dados; rigor na observação; interpretação das observações; fundamentação teórica, etc.); não haver comunicação entre a comunidade científica e a comunidade em geral; etc.

Texto2.

"Os esqualos obtidos nas costas de Portugal durante as campanhas de 1896-1893, são publicados em 1904 e constituem uma excelente obra sobre os tubarões da fauna portuguesa. A mesma é elaborada segundo as linhas que D Carlos sempre preconizou, por as considerar como as que melhor podiam contribuir para o conhecimento da biologia das espécies, sobre as quais havia uma notória ignorância. Se, por exemplo, se conhecia razoavelmente quais as espécies dos mares portugueses, desconhecia-se quase tudo sobre a distribuição geográfica e batimétrica das mesmas. A publicação de catálogos críticos, onde, para além de se citarem as espécies, figurasse o seu habitat, as épocas de reprodução e de migração bem como os métodos de captura constituía assim, para D Carlos, um dos grandes objetivos a atingir, não só pelo seu valor científico mas também pela utilidade que podiam ter como apoio aos estudos haliêuticos.

D Carlos elabora a sua obra sobre os esqualos de uma forma magistral. Depois de uma introdução, em que descreve vários métodos de pesca e nomeadamente a do espinhel, que forneceu os melhores exemplares das suas coleções, apresenta o estudo sistemático das espécies, com a respetiva sinonímia e as referências que diversos autores a eles fizeram. Seguem-se os nomes vulgares em português e francês, as listas dos exemplares capturados nas suas campanhas oceanográficas, com indicação das dimensões, sexo e presença de fetos, profundidade de captura e data da mesma, conteúdos estomacais, coloração, bem como

parasitas internos e externos. Refere também que parte do animal se aproveita com fins económicos.
Compara ainda algumas espécies entre si e faz considerações críticas sobre o estatuto de algumas delas. Apresenta finalmente quadros com a distribuição batimétrica das trinta e duas espécies estudadas e chaves para a sua identificação.

No texto esboça também uma classificação ecológica dos diversos esqualos, distinguindo os costeiros sedentários, costeiros pelágicos e os abissais, embora reconheça que a distinção entre estas categorias possa ser por vezes difícil. Os abissais apresentavam, por exemplo, a dilatação da pupila que fazia ressaltar a cor verde-metálica da retina, dando uma aparência de fosforescência do olho, mas que não era real mesmo na escuridão total.

O mérito deste trabalho é ainda o de esclarecer várias questões que eram menos claras relativamente à abundância de algumas espécies, como por exemplo, *Centroscymnus coelolepis*, até aí considerada rara. Assinala também, para as águas portuguesas, *Chlamydoselache anguineus*, até então só conhecido nos mares do Japão, Madeira e Noruega, e diz: "Foi uma verdadeira surpresa para mim, o reconhecer, num peixe que os pescadores de Cezimbra me trouxeram, um exemplar, admiravelmente conservado, desta espécie".

Uma das coroas de glória teria sido a descrição de uma nova espécie a que chamou *Odontastis nasutus*, um esqualo de longo rostro, mas que tinha sido descrita seis anos antes, dos mares do Japão, por David Starr Jordan, sob o nome de *Mitsukurina owstoni*. A morosidade ou dificuldade em obtenção de publicações científicas, que então se deveriam fazer sentir, são provavelmente responsáveis pelo facto, o que não minimiza de qualquer forma a obra de D Carlos. Aliás, é Girard que afirma que D Carlos era extremamente cauteloso quando não conhecia os exemplares capturados, não caindo na tentação imediata de descrever novas espécies. Preferia ir acumulando dados, estudar e depois pronunciar-se."
(Retirado de Luiz Saldanha, 1996 Explorações Submarinas In: D Carlos de Bragança – A paixão do Mar, editado pelo Parque Expo 98, S.A., pág. 76 e 78)

6. Compare a metodologia seguida pelo Rei D Carlos nas suas publicações com os registos efetuados nas campanhas oceanográficas (relembrar atividade pré-visita).

Nos registos das campanhas oceanográficas o Rei limitou-se a registar os dados recolhidos em cada estação. Posteriormente, na publicação destes dados já existe uma integração e interpretação de toda a informação recolhida de forma a permitir a classificação dos organismos capturados (tubarões). Além disso, estes dados são

apresentados num contexto mais geral do conhecimento científico existente acerca das espécies em estudo.

7. Investigue acerca da importância do estudo dos conteúdos estomacais para o conhecimento das espécies.

A análise dos conteúdos estomacais pode servir para a descoberta de novas espécies e é um excelente indicador acerca de uma série de aspetos da ecologia das espécies, nomeadamente, o seu habitat, modo de alimentação, profundidade a que vivem, deslocações efetuadas, etc. Os alunos podem aqui relembrar o conceito de gastrólitos e de coprólitos.

Pode pesquisar nos seguintes sites:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71081998000400011
http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/view/148

8. No Aquário Vasco da Gama efetuou a classificação biológica de um conjunto de organismos. Compare os critérios que utilizaste com os utilizados pelo Rei D Carlos na classificação dos esqualos.

Na actividade desenvolvida no Aquário a classificação dos organismos baseou-se apenas em aspectos morfológicos (classificação biológica) enquanto que o Rei se baseou em aspectos da ecologia das espécies (classificação ecológica).

Com base nos dois textos

9. Averigue da importância da publicação científica para a validação do conhecimento científico.

Com esta questão espera-se que os alunos compreendam que para que o conhecimento seja validado cientificamente é necessário que seja publicado numa revista científica. Este processo é fundamental pois permite a validação do novo conhecimento pela restante comunidade científica e a sua divulgação.

10. Como reparou, vários cientistas têm a preocupação de analisar rigorosamente as evidências ao ponto de elas serem irrefutáveis antes de as divulgarem. Como já estudou, Charles Darwin também teve receio de publicar as suas descobertas dado que iriam pôr em causa o conhecimento vigente. Discuta o peso que a sociedade, nas suas várias dimensões (religiosas, económicas, etc.), pode ter na construção do conhecimento científico.

Na resposta a esta questão os alunos deverão referir a construção da ciência está

intimamente relacionada com a sociedade em que se insere, ou seja, os cientistas são parte integrante da sociedade em que vivem, sofrendo influências directas e indirectas da mesma (ex. pressões económicas; questões éticas; questões religiosas).

11. Represente através de um desenho a lápis do seguinte exemplar

Voltar a utilizar o peixe da aula pré-aquário. Os alunos devem ter o cuidado de realizar o desenho de acordo com o que aprenderam no atelier do Aquário Vasco da Gama (rigor de observação e registo).

Nota: um braça equivale a 2.2m

Workshops no Aquário Vasco da Gama (Lisboa)

1º Workshop:

"Introdução à classificação biológica: O Rei D Carlos e o seu legado naturalista"

Workshop a ter lugar no Aquário Vasco da Gama (2h de duração):

A) Sessão teórica: Introdução à classificação biológica

- O trabalho do Rei D Carlos como oceanógrafo
- Os organismos marinhos: as características biológicas dos principais grupos zoológicos

B) Visita à coleção do Rei D Carlos (espécimes biológicos e instrumentos de colheita utilizados)

C) Sessão prática: Identificação e classificação de alguns organismos marinhos presentes na exposição do Aquário através da utilização de uma chave dicotómica.

2º Workshop:

"Introdução ao desenho biológico: Do Rei D Carlos a Luíz Saldanha

Workshop a ter lugar no Aquário Vasco da Gama (2h de duração):

A) Sessão teórica: Introdução ao desenho biológico com base na observação
   - Rei D Carlos - naturalista e ilustrador
   - 100 anos mais tarde – Luíz Saldanha – naturalista e ilustrador
   - Desenvolvimento das técnicas de desenho baseado na observação – caderno de campo
   - Introdução às técnicas de desenho de espécimes biológicos

B) Sessão prática: Observação e desenho de alguns organismos presentes na exposição do Aquário.

4.4.2. Análise dos Resultados

A maioria dos alunos gostou bastante das atividades. Da análise dos questionários verifica-se que a maioria concordou com as afirmações "aprender ciências é interessante quando envolve a discussão de um tema histórico relacionado com a ciência" (79%) e "aprender ciências é interessante quando podemos ver como os cientistas trabalham" (92%). Além disso, os alunos consideraram que "é importante desenvolver mais atividades como estas" (82%) e "o desenvolvimento de mais atividades deste tipo irá aumentar o interesse dos estudantes em aprender ciências" (82%).

A análise das entrevistas confirma estes resultados. Dois dos alunos identificaram a atividade de desenho como a tarefa de que mais gostaram. Segundo as palavras de um dos alunos "*Eu não fazia ideia que podia usar a arte na ciência; Eu não sabia que podíamos associar a arte ao estudo dos seres vivos"*. Os outros três entrevistados identificaram também a tarefa de classificação biológica, para além do desenho, ou seja, os dois *workshops* realizados no Aquário, como as atividades mais interessantes.

As características referidas pelos entrevistados como sendo os principais responsáveis pelo interesse das atividades foi a novidade de alguns aspetos (ex. tarefa de desenho por observação), a promoção de uma visão diferente acerca da ciência:

> *Eu pensava que a ciência não se relacionava com as outras matérias e agora vi que se relaciona com tudo o que nos rodeia.*

A promoção de uma observação cuidada da realidade, e a natureza prática das atividades:

> *(...) é uma forma diferente de aprender a matéria; ficamos mais conscientes da temática; ficamos mais envolvidos; estamos em contacto com a realidade, líamos e depois podíamos confirmar o que tínhamos lido; ficamos mais alerta para a realidade.*

No que diz respeito à organização da própria atividade, segundo a opinião dos alunos, todas as sessões (pré-visita, *workshops* e pós-visita) foram necessárias. As sessões pré- e pós-visita foram particularmente importantes pois proporcionaram a contextualização prévia necessária e a consolidação posterior das aprendizagens.

> *Eu acho que todas as atividades foram importantes e que se complementaram entre si. Se tirássemos uma, as atividades não ficariam tão boas e completas. No caso da sessão prévia, ajudou-nos a ir para a visita com algum conhecimento. As atividades no Aquário corresponderam à parte prática do trabalho, onde nós aprendemos novas coisas, e a sessão pós-visita ajudou-nos a tirar algumas conclusões acerca da temática.*

Em relação à abordagem histórica, apesar de os alunos terem comentado que os documentos históricos eram difíceis de ler devido ao estilo antigo de escrita, característico da língua Portuguesa do fim do século XIX, foram capazes de compreender os documentos analisados. Da análise do questionário, verifica-se que 57% dos alunos concordou com a afirmação "a inclusão de um contexto histórico ajudou à compreensão de como se faz ciência". Na entrevista os alunos referiram a relevância desta abordagem para a aprendizagem da ciência, salientando a importância de conhecer a relação entre o passado e o presente para compreender a evolução do conhecimento científico.

> *Deu-nos a perceção de que as coisas não são lineares, que muitas coisas precisam de ser descobertas, de que há sempre mais coisas a aprender.*

> *É importante não só saber o nome do cientista que fez a descoberta, mas também o que ele usou para fazer a descoberta e como era a vida na altura. Isso permite comparar e relacionar o passado com o presente.*

No entanto, apenas 32% dos alunos considerou que "a inclusão de um contexto histórico tornou as atividades mais interessantes" e todos os alunos entrevistados

referiram que o conhecimento histórico no geral não é um tema muito cativante, preferindo em geral, saber o que se passa na atualidade. Além disso, todos os alunos referiram que a abordagem histórica não é muito utilizada nas aulas de ciências e que quando está presente, centra-se normalmente no que os cientistas descobriram e não nas razões que os levaram a fazer essa descoberta, raramente fazendo alusão aos aspetos sociais contemporâneos à descoberta.

> *Existem alguns professores que se referem a alguns cientistas, mas não tão profundamente e nós ficamos a saber o que eles fizeram, mas não a razão de o terem feito e com que propósito.*

> *Eu gosto muito de saber como as coisas se foram alterando e como eles (os cientistas) chegaram a uma conclusão, e na sala de aula eles (os professores) apenas dizem, "isto é assim" e nada mais.*

No que diz respeito à aquisição de conhecimento, a análise das respostas às folhas de atividade revela que todos os grupos atingiram os objetivos propostos, tendo compreendido o conceito de classificação biológica, de trabalho de laboratório e de campo, métodos de reportar dados científicos, e métodos de recolha e preservação de espécimes biológicos. Da análise da entrevista verifica-se que os alunos compreenderam perfeitamente os objetivos da classificação biológica, tendo referido que é uma forma de distinguir e organizar as espécies conhecidas, de estandardizar o conhecimento acerca das espécies, facilitando assim a descoberta de novas espécies.

> *É importante para distinguir entre as diferentes espécies; para organizar a diversidade de espécies; para ajudar investigadores diferentes, em diferentes partes do mundo, a reconhecer a mesma espécie; sem a classificação biológica, poderia acontecer que por exemplo em Portugal, nós encontrássemos uma espécie e lhe déssemos um nome, e noutra parte do mundo outra pessoa encontrasse a mesma espécie e lhe desse outro nome, e nunca iríamos saber que era a mesma espécie.*

Os alunos referiram ainda que aprenderam novos aspetos relacionados com a oceanografia e a ecologia marinha, por exemplo diversidade de espécies, adaptações dos peixes, diferentes habitats:

> *A diversidade de peixes que vimos no Aquário. Eu não tinha ideia de que eram tantos, mas o oceano é tão grande, tão gigante, em vários climas, Oceano Atlântico, Índico… e os peixes são característicos das áreas onde vivem, do seu habitat (…). Conclui que os peixes estão adaptados ao seu habitat e que é importante que o Aquário possa mostrar às pessoas como são os peixes nas diversas partes do mundo, quais são as suas características e habitats.*

> Diferentes métodos de captura e manutenção de peixes:
> *O que chamou a atenção foi a diversidade que existe no Aquário, e o facto de aqueles que lá trabalham poderem apanhar peixes a grandes profundidades e dar-lhes as condições para que não morram (…), há diferentes condições para viver, como água quente, água fria,…com rochas, com algas…etc…*

> *(...) Eu aprendi novos termos que não conhecia, ex. redes de arrasto, técnicas de pesca…e sobre a própria oceanografia. Já tinha ouvido falar mas não sabia o seu significado.*

E ainda aspetos relacionados com o trabalho do Rei D Carlos e a ilustração biológica (uma profissão que desconheciam).

Por outro lado, da análise das observações diretas e em vídeo, verifica-se que os alunos revelaram autonomia e capacidade de trabalhar em grupo. Os alunos interagiam com frequência, discutindo todos os aspetos relacionados com as leituras que faziam antes de responder às fichas de atividade, e pesquisando na Internet sempre que necessário. Apesar de o professor e um dos investigadores estarem sempre disponíveis para os apoiar (perguntando sempre se precisavam de apoio), os alunos demonstraram uma grande vontade de efetuar todas as tarefas autonomamente, preferindo discutir

entre si antes de pedirem apoio. Todos pareceram motivados e envolvidos durante o decorrer de toda a atividade. Da análise dos questionários, 68% dos alunos considera que as discussões que ocorreram durante as atividades foram muito importantes para o desenvolvimento do seu raciocínio, e cerca de 50% consideraram que as atividades promoveram a sua participação ativa e o trabalho colaborativo.

Por último, os alunos revelam ter desenvolvido uma maior compreensão acerca da natureza da ciência. Da análise dos questionários, 72% dos alunos concordaram com a afirmação de que "estas atividades ajudaram-me a compreender a influência da sociedade na evolução do conhecimento científico" e 64% concordaram com a afirmação "estas atividades ajudaram-me a compreender a forma como o conhecimento científico é construído".

A análise das respostas à ficha de atividades revela que os alunos compreenderam a importância da acumulação de dados não explicados pelas teorias vigentes, para o desenvolvimento de novas teorias. E reconheceram a necessidade destes novos dados serem confirmados por outros cientistas, antes de serem aceites pela comunidade científica, tendo além disso referido a importância da publicação científica para a disseminação e aceitação de novas ideias.

Das entrevistas, verifica-se que os alunos alteraram a sua visão acerca da natureza da ciência, principalmente no que diz respeito à evolução do conhecimento científico, da influência da sociedade no desenvolvimento do conhecimento científico e à forma como se faz ciência. Referiram que a construção do conhecimento científico é um processo lento:

> *Eu pensava que não era necessário o trabalho de tanta gente, de tantos anos. Apercebi-me que é um processo lento e eu não tinha essa ideia. Compreendi que há fases que temos de cruzar, e que elas são lentas, para atingirmos alguma coisa concreta e para promover a evolução do conhecimento.*

Que está sempre em evolução, dependendo de novas descobertas:

Os cientistas têm de estar abertos aos novos conhecimentos, não se podem centrar numa única teoria, ou ideia. Eles (os cientistas) têm de estar sempre a

estudar para obter mais conhecimentos e mais diversificado, para construir uma ideia melhor de alguma coisa.

O conhecimento científico está sempre a alterar-se; nunca podemos dizer que não há vida abaixo de x metros, porque no futuro podemos encontra-la.

Além disso, os alunos salientaram as inter-relações entre a ciência e outros domínios da sociedade, como outros cientistas e mesmo cidadãos comuns, e a tecnologia.

Estas atividades mostraram-me que os cientistas estão todos inter-relacionados, e especialmente que essa relação pode influenciar a forma como a teoria é formulada.

Eu considerei muito interessante perceber como o trabalho de outras pessoas (não cientistas), como os Pescadores portugueses, pode ser importante para a confirmação de que uma teoria está errada.

A tecnologia está sempre em mudança; no passado pensavam que não havia vida a grandes profundidades, mas atualmente, devido à nova tecnologia, eles conseguiram chegar a essas profundidades e encontrar lá vida.

4.4.3. Discussão

Esta atividade proporcionou uma oportunidade para os alunos obterem, analisarem, avaliarem e registarem dados de formas diversas. Além disso, proporcionou um contexto para os alunos focarem a sua atenção numa extensa diversidade de espécies, que raramente estão disponíveis nos contextos escolares, permitindo-lhes apreciarem as semelhanças e diferenças entre elas, oferecendo um contexto adequado para compreenderem o processo de amostrar, classificar e preservar diferentes espécimes, de forma a melhorar a compreensão acerca do mundo vivo. Também proporcionou a

possibilidade dos alunos aprofundarem a sua compreensão acerca da forma como o conhecimento se transforma ao longo do tempo.

Os alunos consideraram o projeto popular, tendo referido que se sentiram extremamente motivados pelas atividades, por um lado pela sua natureza prática, e por outro pelos seus aspetos inovadores, nomeadamente a utilização do desenho por observação e a abordagem histórica, tendo reconhecido a necessidade de serem implementadas mais atividades deste tipo nas aulas de ciências. Consideraram o projeto relevante para a aprendizagem da ciência, tendo referido que este foi importante não apenas para a aquisição de conhecimento, como também para a compreensão da natureza da ciência. Os alunos referiram que as atividades contribuíram para alterar a sua visão acerca do desenvolvimento do conhecimento científico, nomeadamente o facto de que este está sempre em evolução, estando sujeito a diversas influências, nomeadamente sociais e tecnológicas.

Um dos aspetos a salientar neste estudo, é o facto de os alunos terem referido uma falta generalizada de atenção à exploração da perspetiva histórica nas aulas de ciências. Sendo de referir, que na sua opinião a sua inclusão neste trabalho terá sido um dos principais aspetos que contribuíram para alterar a sua visão acerca da forma como o conhecimento científico se constrói.

Apesar de já existirem numerosas estratégias que promovem a integração da história da ciência na educação em ciência, tal como retratar cientistas famosos (Solomon, 1991), apresentar incidentes críticos (Wandersee, 1992), ou reproduzir experiências científicas importantes (Klopfer & Cooley, 1963), as estratégias mais frequentemente utilizadas nas aulas de ciências parecem apenas justapor o nome do cientista e a respetiva descoberta com o conhecimento atual, em vez de envolverem os alunos em atividades que promovam uma reflexão crítica acerca do desenvolvimento do conhecimento científico (Kafai & Gilliland-Swetland, 2001; Wandersee, 1985). Verifica-se, também, que a utilização de documentos históricos, como os que foram utilizados neste trabalho, tem sido menos divulgada, em parte devido ao receio de que esses documentos sejam demasiado exigentes para os alunos (Kafai & Gilliland-Swetland, 2001). No entanto, neste trabalho foi evidente o facto de todos os alunos

terem sido capazes de compreender, analisar e discutir os documentos históricos utilizados.

Os resultados deste trabalho indicam que envolver os alunos numa atividade que inclua uma visita de estudo a um museu de ciência, alargando o seu âmbito de forma a integrar a perspetiva histórica, parece constituir um contexto motivador para a aprendizagem acerca dos processos científicos ao longo do tempo. Será necessário desenvolver mais investigação acerca das potencialidades deste tipo de abordagem. Por exemplo, as atividades testadas neste trabalho poderão ser implementadas em diferentes escolas, e em turmas de diferentes níveis de escolaridade.

Um dos aspetos fundamentais que emerge deste estudo é a possibilidade de se utilizarem os museus e os centros de ciência como um excelente contexto para o desenvolvimento de atividades centradas na história da ciência, visto estes museus possuírem coleções históricas e documentos originais que representam recursos únicos e raramente disponíveis nas escolas.

Para que a parceria entre as instituições de ensino formal e não-formal seja possível, os museus e os centros de ciência e as escolas terão de rever as suas práticas (Bell et al., 2009; Tal & Morag, 2007). Os educadores dos museus terão não só de planificar atividades adequadas à aprendizagem dos alunos, como de desenvolver possíveis vias que promovam a aquisição por parte dos professores de estratégias de exploração adequadas aos recursos disponíveis no museu (Chin, 2004). Os professores de ciências necessitam de capitalizar por si próprios, as oportunidades inerentes aos ambientes e recursos únicos, característicos destes museus (Falk & Dierking, 2000; Griffin, 2004; Mortensen & Smart, 2007). Para se atingir este objetivo, serão talvez necessários programas de formação de professores, tanto na formação inicial como contínua, que orientem os professores no desenvolvimento e implementação de visitas de estudo efetivas e na integração dos recursos disponíveis nestas instituições, nas suas estratégias pedagógicas (Chagas, 1993; Chin, 2004; MacLeod & Keistead, 1990).

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO GERAL

> Aprendemos com os outros relacionando-nos com eles; aprendemos com as coisas manejando-as, utilizando-as, transformando-as, reconstruindo-as nas suas funções e formas; aprendemos com o mundo mantendo viva a nossa curiosidade, questionando a realidade que nos rodeia.
>
> Maria Helena Cavaco (1992)

Das investigações realizadas, atrás apresentadas nesta tese, ressaltam três aspetos principais:

1) Todos os professores inquiridos (ver estudo 3) reconheceram que os museus e centros de ciência apresentam características e recursos únicos, raramente disponíveis nas escolas, que podem e devem ser explorados através de visitas escolares, tendo sido salientado a ligação destas instituições ao mundo real, possibilitando e promovendo a mobilização de saber cultural, científico e tecnológico para a compreensão da realidade. Foi reconhecido, além disso, a importância do educador do museu, nomeadamente o maior conhecimento que este possui acerca das exposições, facto reconhecido por diversos autores (ex. Kisiel, 2003; Storksdieck, 2001), no sentido de potenciar a exploração do conteúdo científico oferecido por cada exposição. No entanto, um museu não é um local neutro onde a ciência é exibida, é um meio que transmite mensagens explícita e implicitamente, divulgando certas visões da ciência e da tecnologia.

Tanto os museus como os centros de ciência tendem a representar a ciência divorciada da realidade social, como um corpo de conhecimento e prática fixo, para além da dúvida (Bradburne, 2000; Delicado, 2009; Rennie & Williams, 2002, 2006). Em resposta a esta questão, a nível internacional têm surgido tentativas de também exibir nos museus de ciência uma perspetiva diferente da ciência, onde se admite a incerteza e a natureza provisória do conhecimento científico, e onde são exploradas as controvérsias científicas (ex. *Science in American Life*, National Museum of American History, Smithsonian Institution Washington; *Birth and Breeding*, London Wellcome Institute; *Dialogue in the Dark*, Consens Exhibitions Ldt, Hamburg; *Darkened Waters: profile of an oil split*, Pratt Museu, Homer, Alaska; *A Question of Truth*, Ontario Science Centre; *Mine Games*, Science World, Vancouver) (Cooks, 1999; Farmelo & Carding, 1997; Pedretti, 2004; Watermeyer, 2012). Estas instituições estão a assumir-se como peças importantes no contexto histórico, social, cultural e político da ciência, no sentido de promover a responsabilidade e a consciência social, desafiando a tradicional imagem da ciência e da tecnologia como algo politicamente seguro e estéril (Beetlestone, Johnson, Quin & White, 1998; Watermeyer, 2012).

Estas exposições ainda se constituem como uma exceção, tanto a nível internacional como nacional. Na generalidade dos casos, as exposições comunicam princípios e não processos, encorajando o visitante a ver a ciência como uma hierarquia canónica de leis, nem sempre transmitindo a estrutura do pensamento científico. De acordo com Delicado (2009), esta conceção dos museus e centros de ciência está associada à "compreensão pública da ciência", associada à aquisição de conhecimentos científicos, e não à "compreensão pública da investigação", que diz respeito aos processos intelectuais da ciência e não aos seus produtos, pretendendo levar o público a apreender o processo de investigação, os procedimentos, a competitividade, a aspiração à objetividade e a natureza provisória dos resultados.

O papel do professor poderá ser o de potenciar estas aprendizagens acerca da natureza da ciência, desenvolvendo atividades que permitam contextualizar o conhecimento científico e tecnológico presentes nas exposições que visita. O desenvolvimento, neste trabalho, de uma atividade que envolveu uma visita de estudo a um museu de ciência, alargando o seu âmbito de forma a integrar a perspetiva histórica

(estudo 4), revelou-se um contexto motivador para a aprendizagem acerca dos processos científicos ao longo do tempo. Um dos aspetos fundamentais que emergiu desse estudo foi a possibilidade de se utilizarem os museus de ciência como um excelente contexto para o desenvolvimento de atividades centradas na história da ciência, no sentido de trabalhar a "compreensão pública da investigação" (*sensu* Delicado, 2009).

Estes ambientes, dos museus e centros de ciência, poderão proporcionar assim contextos únicos para a exploração de situações de aprendizagem nas quais os alunos se envolvem não só na análise e discussão de fenómenos naturais, como de situações reais, nas quais se revelam as questões epistemológicas, sociais e políticas associadas ao avanço do conhecimento científico e tecnológico (Watermeyer, 2012), oferecendo excelentes oportunidades para desenvolver uma aprendizagem integrada de e acerca da ciência, i.e. que reconhece não só a importância da ciência *per se*, como também a sua relevância nos impactes que tem na nossa cultura, na nossa vida e no percurso das sociedades democráticas.

2) A maioria das visitas escolares analisadas neste trabalho decorreu sob a forma de "lições" tradicionais, expositivas (caso das visitas guiadas – estudo 2), nas quais os alunos tiveram muito poucas oportunidades de se envolverem com os objetos da exposição, e com os seus colegas, ou assumiram a forma de "passeios de entretenimento", nos quais os alunos se envolveram com as exposições de forma desestruturada e irrefletida (caso das visitas livres – estudo 1). O professor, na maioria dos casos, envolveu-se apenas nos aspetos logísticos da visita, seguindo passivamente o monitor (quando este estava presente) ou o grupo escolar, ajudando a manter a ordem. Apenas foram observadas raras tentativas, por parte do professor, de ligar a experiência a decorrer durante as visitas escolares com as experiências prévias dos alunos, fazendo-se uma utilização das exposições bastante limitada, tornando as oportunidades de se estabelecerem interações sociais potenciadoras de uma maior aprendizagem acerca das exposições muito reduzidas e pouco exploradas (estudos 1,2, e 3).

Em todas as visitas observadas, e ao contrário das expectativas manifestadas pelos alunos inquiridos (ver estudo 2), os alunos não apresentaram qualquer controlo sobre a sua própria agenda de aprendizagem, ou seja, sobre as intenções, objetivos de

aprendizagem e atividades a desenvolver durante a visita. Além disso, não lhes foi dada qualquer autonomia para decidir o que queriam investigar, o que precisariam explorar para dar respostas às questões e objetivos iniciais da visita, nem para refletir sobre os caminhos que seguiram durante a visita (no sentido de discutir e compreender as suas próprias escolhas).

Alguns dados obtidos neste trabalho, parecem apontar para a importância que a atitude assumida pelo professor durante a visita poderá ter na promoção de um maior envolvimento dos alunos com a exposição (ver estudo 1), facto já referido por diversos autores (ex. Falk & Dierking, 2000; Griffin & Symington, 1997; Jarvis & Pell, 2005; Price & Hein, 1991; Tunnicliffe et al., 2007; Woolard & Pontin, 2000). Os professores estão muito bem situados para enfrentarem os desafios e capitalizarem com base nas oportunidades inerentes a estes ambientes, fazendo a ponte necessária entre o conhecimento prévio dos alunos e as novas aprendizagens. Nesse sentido, os professores podem assumir um papel mais ativo durante a visita (ver estudo 3), direcionando, sempre que necessário, a exploração das exposições e a atenção dos alunos para determinados módulos e alguns aspetos das exposições, levando-os por sua vez a desempenhar um papel mais ativo na visita, com potenciais implicações positivas na sua própria aprendizagem.

3) Este estudo revelou claramente uma falta de coerência entre o que é apontado e sugerido na literatura como sendo apropriado para a planificação e desenvolvimento de visitas de estudo e o que foi observado (ver estudos 1, 2 e 3). De acordo com os resultados obtidos, o modo como os professores exploram estes contextos educacionais de aprendizagem não-formal parece claramente insuficiente tendo em conta as suas potencialidades para a aprendizagem das ciências.

O desconforto demonstrado pelos professores no que diz respeito à sua preparação científica, a ausência de uma planificação adequada para a visita, e as conceções alternativas em relação ao papel que estas instituições desempenham, nomeadamente a expectativa de que sejam os educadores a abordar as temáticas de acordo com o que é trabalhado em sala de aula (ver estudo 2), demonstram a necessidade do desenvolvimento de programas atualizados de formação de professores,

inicial e contínua, atualizados e adequados a uma maior proximidade entre as aprendizagens da ciência em ambiente formal e não-formal.

O desenvolvimento de um curso de formação para professores num centro de ciência (estudo 3), no qual os participantes tiveram oportunidade de discutir de forma crítica os diferentes aspetos das exposições, e de planificar em conjunto visitas escolares para serem implementadas no contexto das exposições ("helping teachers help themselves" Xanthoudaki, 1998), demonstrou ter ajudado os professores a adquirir um conhecimento mais aprofundado acerca dos recursos presentes nos centros de ciência, a adquirir maior consciência acerca da importância de conhecerem previamente as exposições, e a assumirem uma postura ativa durante a própria visita, ajudando-os assim a capitalizar sobre as oportunidades oferecidas por estas instituições de ensino não-formal. No entanto, e tendo em conta as limitações observadas, principalmente ao nível das estratégias e das atividades pensadas e desenvolvidas pelos professores-formandos para as visitas ao centro de ciência, este estudo aponta para a vantagem da criação de parcerias entre o museu ou centro de ciência e as instituições de formação de professores, com o objetivo de serem exploradas estratégias pedagógicas consonantes com as recomendações atuais para a educação em ciência.

Com base nos resultados obtidos, e em resposta à questão de investigação colocada acerca do possível papel que as escolas, e consequentemente os professores desempenham neste esforço conjunto, museu de ciência/escola, na educação em ciência, apresenta-se a seguinte tese:

1º ponto: Os museus são ambientes que permitem a exploração de questões relacionadas com a ciência real, isto é, com a compreensão do empreendimento científico como um todo, nomeadamente o seu percurso histórico (passado), as suas múltiplas ligações à sociedade e à tecnologia, e suas aplicações na vida do dia-a-dia (presente) e ainda os possíveis impactes que poderá ter no percurso a seguir por cada sociedade, com base nas decisões atuais (futuro).

2º ponto: É o professor que é um profissional da educação; é o professor de ciência que detém o conhecimento didático em educação em ciência; é o professor que tem o

conhecimento pessoal e afetivo dos alunos; este deveria assim assumir um papel preponderante no processo de envolvimento e exploração dos museus e centros de ciência nas visitas escolares, funcionando como um mediador das aprendizagens, recorrendo ao educador do museu como um especialista, intimamente conhecedor das exposições, mas assegurando ele próprio a ligação com as aprendizagens pretendidas.

3º ponto: Podem ser estabelecidas parcerias, sob a forma de projetos educacionais, entre as escolas e os museus e centros de ciência, nos quais as aprendizagens das ciências incluam o trabalho desenvolvido em sala de aula com as atividades e experiências concretizadas no museu e os novos conhecimentos a desenvolver, e no âmbito dos quais se possam explorar e refletir acerca dos diferentes papeis a assumir pelo professor, pelo educador e pelos alunos.

Atualmente, e apesar de existirem algumas parcerias escolas/museus mais formalizadas (ver Bevan et al., 2010; Kisiel, 2010; Pumpian, Wachowiak & Fisher, 2006), estas parcerias explícitas entre as escolas e os museus e centros de ciência parecem ser mais a exceção do que a regra, especialmente em Portugal (salienta-se no entanto os casos previamente descritos, como a "Escola Ciência Viva", o "Jardim da Ciência" e a "Fábrica Centro Ciência Viva"), sendo as interações, na maioria dos casos, resultado de ações individuais dos próprios professores (Bevan et al., 2010; Kisiel, 2009).

Nos projetos educacionais propostos neste trabalho, pretende-se que os centros e museus de ciência se assumam, e sejam assumidos pela escola, como locais onde a ciência pode ser explorada e trabalhada de uma forma integrada e contextualizada no mundo atual e futuro, potenciando o envolvimento dos alunos com a ciência e a aprendizagem das ciências, através de atividades de investigação em contextos multidisciplinares, enquadradas em contextos reais e relevantes para o dia-a-dia (Black, 2005; Stocklmayer, Rennie & Gilbert, 2010). De facto, a literatura é rica em evidências que têm vindo a revelar a importância do desenvolvimento de atividades contextualizadas e com significado para o aluno, nomeadamente que se relacionem com as suas vivências diárias, para a promoção do interesse de e pela aprendizagem das

ciências (ex. Faria, Freire, Galvão, Reis & Batista, 2012; Freire, Faria, Galvão & Reis, 2011; Holbrook, 2010; Holbrook & Rannikmae, 2007; Lavonen, Byman, Juuti, Meisalo & Uitto, 2008; Osborne & Collins, 2001; Schraw, Flowerday & Lehman, 2001; Swarat, 2008).

Tendo em conta a investigação já realizada acerca do impacte das visitas escolares (ver DeWitt & Osborne, 2007, Griffin, 1998 e King & Glakin, 2010 para uma revisão), propõe-se que a ida ao museu de ciência surja de necessidades criadas pelo trabalho desenvolvido em sala de aula, constituindo-se como um recurso necessário para o início, desenvolvimento ou finalização da exploração de determinado tema, ou problema em investigação, fazendo parte de um processo permanente e contínuo de aprendizagem. A visita poderia ser planificada em conjunto, com o envolvimento de todos os intervenientes, alunos, professor e educador, tendo em conta os recursos do próprio museu e as questões levantadas pelos alunos (Black, 2005).

O projeto pode ser entendido como sendo formado por três partes, a preparação para a visita, a visita propriamente dita, e o trabalho de consolidação pós-visita.

> "O trabalho preliminar pode ser levado a cabo na escola ou fora dela, e é utilizado para preparar os alunos de forma a que retirem o máximo proveito da visita em si. A visita ao museu ou à galeria funciona como motivador, como um estímulo, proporciona uma experiência física, e consolida a aprendizagem (…). É essencial que as experiências vivenciadas durante a visita sejam recordadas, discutidas, e avaliadas em sala de aula, caso contrário muito do seu valor será perdido. Muitas vezes, embora a visita seja apenas um componente de um determinado programa de estudo, ela constitui a peça que permite a articulação todos os outros aspetos do processo de aprendizagem, sendo assim essencial para o prosseguimento do estudo" (Hooper-Greenhill 1991, p. 120).

Tendo em conta as principais ideias defendidas atualmente sobre a aprendizagem (ex. Autio et al., 2007; Hohenstein & Manning, 2010; Millar, 2006; Osborne & Dillon, 2008), nomeadamente que a aprendizagem é um processo que:

- Envolve a ação do aluno e incorpora as suas escolhas pessoais;
- É facilitada quando são otimizadas as ligações entre as ideias já existentes e as novas ideias;

- Se desenrola num ambiente que promove o questionamento e que desperta a curiosidade e a vontade de investigar;
- É estimulada por novas experiências que levem ao reconhecimento de explicações mais adequadas aos fenómenos em observação do que aquelas que o indivíduo dispunha;
- Envolve a partilha de ideias com os colegas e com pessoas mais experientes;
- É potenciada através da modelação dos comportamentos de aprendizagem evidenciados pelos colegas e adultos mais experientes.

Propõe-se que no trabalho a desenvolver nestes projetos educacionais, a compreensão e o "fazer-sentido" para os alunos assuma o papel fundamental, assim como o conhecimento que estes já possuem, as suas vivências pessoais, interesses, motivação e as interações sociais com os outros membros do grupo. Alguns estudos têm sugerido que a criação de situações de aprendizagem desafiadoras, que despertem a curiosidade e imaginação, e que facilitem a escolha e atribuam autonomia aos alunos para a exploração dos aspetos em estudo e para a tomada de decisão, são fatores associados à promoção do interesse pela ciência e pela aprendizagem das ciências (Driver et al., 2000; Duschl & Grandy, 2008; Lavonen et al., 2005; Osborne & Collins 2001; Osborne & Dillon, 2008; Osborne et al., 2004; Palmer 2009; Ratcliffe, 1997; Sadler, 2004; Sadler & Zeidler, 2005). Para além destes fatores, a ligação entre o conhecimento e as experiências prévias dos alunos, e o seu envolvimento ativo em atividades de discussão e argumentação, promovendo assim o pensamento crítico e o raciocínio, tem também sido associada à promoção de um maior interesse pelas ciências (Lavonen et al. 2005; Osborne & Collins 2001).

No sentido de potenciar as características únicas que os museus oferecem (Davis & Gardner, 1993; Falk & Dierking, 1992; Griffin & Symington, 1997; Paris et al., 1998; Pedretti, 2002; Rennie & McClafferty, 1996), com condições chave para que o visitante possa construir um significado pessoal e se sinta recompensado em relação aos esforços de aprendizagem realizados, assumindo-se assim como locais que promovem a motivação intrínseca e o envolvimento sustentado (Bell et al., 2009; Black, 2005; Greco, 2007; Hein, 2006; Hooper-Greenhill, 1999, 2007; Silverman, 1995), propõe-se

que as estratégias subjacentes ao trabalho a desenvolver no museu de ciência estejam associadas à promoção de uma aprendizagem auto-regulada por parte dos alunos, i.e., na qual são eles a gerar os seus próprios planos de aprendizagem, a aferir acerca do sucesso das mesmas e a transferir e aplicar os conhecimentos às novas situações (Hohenstein & Manning, 2010), promovendo assim, competências de autogestão de pensamento, de esforço, de avaliação e de flexibilidade na resolução de problemas e em lidar com novas situações (Lemelin & Bencze, 2004).

Com esse objetivo, no decorrer da visita propõe-se o desenvolvimento de atividades investigativas multidisciplinares, que integrem diferentes literacias, relacionadas com questões reais, e a criação de momentos nos quais os alunos possam tirar partido não só da existência de um especialista na temática (nos recursos existentes na exposição) – o monitor do museu – tirando proveito dos seus conhecimentos e familiaridade com os objetos expostos, através de sessões de orientação, explicação e discussão em grupo; como também da própria exposição em si, através de uma exploração mais livre e orientada pelos próprios, em pequenos grupos no sentido de promover as interações e a partilha de observações, reflexões e aprendizagens.

A atividade desenvolvida no estudo 4, ao envolver momentos de natureza muito diversificada, nomeadamente momentos de observação e aprendizagens partilhadas com o monitor do Aquário, de observação autónoma dos organismos expostos, de confronto de observações e ideias acerca da exposição entre os vários elementos do grupo, proporcionou um contexto no qual os alunos não só aprofundaram os conhecimentos científicos acerca das temáticas em estudo, como desenvolveram uma maior compreensão acerca de aspetos relacionados com a natureza da ciência. Por último, todo o trabalho, investigações e reflexões realizadas durante a visita poderão ser levadas e exploradas em sala de aula, de forma a serem plenamente integradas no trabalho em curso.

Finalmente, a agenda do professor para a visita deveria incluir as intenções, objetivos de aprendizagem e práticas pedagógicas decisivas para a orientação e concretização do projeto. O papel do professor será o de dar suporte e orientar todo o trabalho desenvolvido, assumindo-se como um garante do bom andamento dos trabalhos, facilitando e estimulando o questionamento, a discussão e a reflexão por parte

dos alunos, e simultaneamente dando orientações precisas acerca do que é pretendido (Black, 2005; Falk & Dierking, 2000; Griffin & Symington, 1997; Jarvis & Pell, 2005; Price & Hein, 1991; Tunnicliffe et al., 2007; Woolard & Pontin, 2000).

De acordo com diferentes estudos, o papel desempenhado pelos professores, nomeadamente na definição de objetivos claros, na comunicação das suas expetativas, no fornecimento de linhas de orientação e na monitorização do desenvolvimento do trabalho, permitem a criação de um ambiente seguro, onde os alunos podem desenvolver um sentimento de pertença e um sentido de auto-competência, aspetos cruciais para o envolvimento, afetivo e cognitivo, continuado dos alunos com as atividades (Assor, Kaplan, Kanat-Maymon & Roth, 2005; Hattie & Tiplerlay, 2007; Schussler, 2009; Thijs & Verkuyen, 2009). Estes aspetos relacionam-se tanto com o trabalho do professor, que orienta o projeto com base no trabalho desenvolvido na escola e as necessidade dos seus alunos, como com o trabalho do educador do museu, que trabalha em colaboração com o professor e que contribui para o projeto como um especialista do museu, procurando-se uma sinergia entre todos os atores envolvidos, alunos, professor e educador.

Para que se desenvolvam este tipo de parcerias escola/museu sob a forma de projetos educacionais mais estáveis no tempo, não resultando apenas de ações pontuais, é necessário uma escola aberta ao meio em que se insere, onde se assuma e vivencie o prazer de ensinar e de aprender através da participação na escola de outros conhecedores e a valorização de outros saberes; é necessário que a escola se assuma como um espaço dinâmico em interdependência e interação com o meio (Boutinet, 1990; Cavaco, 1992), ou seja é necessário uma "escola ligada à vida" (Dewey, 1916; Kilpatrick, 1918).

O trabalho em projeto enquadra-se nos apelos atuais para a necessidade de se criarem novas situações de aprendizagem e novas dinâmicas para a educação em ciência, nas quais, e tal como sugerido por Duschl (2000):

- Se esfumem as fronteiras entre o currículo, as estratégias de ensino e a avaliação; o professor deverá ter alguma liberdade para alterar o rumo das aprendizagens de acordo com as necessidades e interesses dos seus alunos.

- O ambiente de aprendizagem estimule e promova o desenvolvimento, avaliação e comunicação de informação científica, através da ligação entre estratégias de investigação, de discussão e argumentação.
- A principal função do professor seja a de avaliação formativa, dando constante feedback ao aluno acerca das suas aprendizagens, produtos, ideias, e assumindo um papel de provocador, desafiando as ideias e representações dos alunos e estimulando novas aprendizagens.
- Os alunos assumam a responsabilidade acerca da qualidade das suas aprendizagens, produtos e ideias; qualquer posição assumida e produto apresentado deverão ser suportados na evidência obtida ou analisada e devidamente explicada, com base numa argumentação consistente, coerente e cientificamente fundamentada.

No entanto, para que estes objetivos sejam cumpridos, é urgente um esforço de integração de programas de formação de professores nos quais sejam trabalhadas estratégias adequadas à exploração desta relação entre as aprendizagens da ciência em ambiente formal e ambiente não-formal, no sentido de maximizar as potencialidades oferecidas por esta colaboração para uma educação em ciência em consonância com as necessidades de uma sociedade democrática contemporânea. Segundo Martins e Alcântara (2000),

> "o primeiro passo a dar... será o de preparar os professores para a utilização e exploração deste recurso em proveito da ciência escolar. Ora, em Portugal, atrevemo-nos a dizer, esta dimensão tem sido praticamente ignorada dos cursos de formação inicial e contínua dos professores e pouco se sabe sobre o que eles próprios pensam das suas potencialidades formativas" (p. 19).

Uma forma de dar resposta a esta necessidade seria o desenvolvimento de uma estreita colaboração entre as instituições de formação de professores e alguns museus ou centros de ciência, de forma a explorar situações de aprendizagem reais, baseadas nos recursos museológicos disponíveis, e através da qual os futuros professores pudessem discutir com os próprios educadores dos museus diferentes aspetos das exposições, e desenvolver planificações de atividades a ser implementadas nestas instituições. Este

tipo de experiência poderia ajudar os professores a adquirir um conhecimento mais profundo acerca das possíveis inter-relações entre as aprendizagens com base nos recursos do museu e as aprendizagens realizadas na escola, e uma maior consciência acerca da importância de realizarem uma integração efetiva dos recursos característicos destas instituições nas suas estratégias pedagógicas, no sentido de enriquecer e reforçar as aprendizagens da ciência em contexto escolar, tal como já foi reportado por diversos estudos (ex. Chin, 2004; David & Matthews, 1995; Ross, 2006; Tal, 2001; Yu & Yang, 2010), nos quais os professores envolvidos em programas de formação em parceria com museus, indicaram ter desenvolvido uma maior consciência dos recursos oferecidos pelos museus e uma maior confiança na sua utilização em contexto escolar.

Pretende-se que os professores de ciências, em colaboração com os educadores dos museus e centros de ciência, criem situações de aprendizagem que potenciem os possíveis impactes cognitivos, sociais, e afetivos que uma visita de estudo a um museu ou centro de ciência pode despoletar, no sentido de promover uma "experiência com significado", capaz de facilitar a possibilidade dos alunos construírem os seus próprios significados.

CAPÍTULO 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo-Díaz, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciências: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Euraka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 1*(1), 3–6.

Afonso, A. & Gilbert, J. (2007). Educational value of different types of exhibits in an interactive science and technology centre. *Science Education, 91(6)*, 967–987.

Afonso, A. & Gilbert, J. (2008). The Nature of Exhibits About Acoustics in Science and Technology Centres. *Research in Science Education, 38,* 633–651

Allen, S. (2002). Looking for learning in visitor talk: A methodological exploration. In G. Leinhardt, K. Crowley, & K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp. 259 – 303). Mahwah NJ: Erlbaum.

American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1993). *Project 2061 - Benchmarks for Science Literacy*. Oxford: Oxford University Press.

Anderson, D., & Lucas, K. B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation, *Research in Science Education, 27(4)*, 485–95.

Anderson, D., Lucas, K., & Ginns, I.S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting in an informal setting. *Journal of Research on Science Teaching, 40(2)*, 177–199.

Anderson, D., & Zhang, Z. (2003). Teaching perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor Studies Today, 6*(3), 6–11.

Assor, A., Kaplan, H., Kanat-Maymon, Y, & Roth, G. (2005). Directly controlling teacher behaviors as predictors of poor motivation and engagement in girls and boys: The role of anger and anxiety. *Learning and Instruction, 15*, 397-413.

Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view.* NY: Holt, Rinehart & Winston.

Autio, O., Kaivola, T., & Lavonen, J. (2007). Context-based approach in teaching science and technology. In E. Pehkonen, M. Ahtee, & J. Lavonen (Eds.), *How Finns Learn Mathematics and Science* (pp. 202–214). Rotterdam: SensePublishers.

Ayres, R., & Melear, C. T. (1998). Increased learning of physical science concepts via multimedia exhibit compared to hands-on exhibit in a science museum. *Comunicação apresentada na Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. San Diego, CA.

Bamberger, Y., & Tal, T. (2006). Learning in a personal context: Levels of choice in a free choice learning environment in science and natural history museums. *Science Education*, *91*(1), 75–95.

Barberá, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico em la enseñanza de las ciências: una revisión. *Enseñanza de las Ciências, 14*(3), 365–379.

Beetlestone, J. G., Johnson, C. H., Quin, M., & White, H. (1998). The science center movement: Contexts, practice, next challenges. *Public Understanding of Science, 7*(1), 5–26.

Beiers, R. J., & McRobbie, C. J. (1992). Learning in interactive science centres. *Research in Science Education, 22*, 33–44.

Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A.W., & Feder, M.A. (2009). *Learning science in informal environments: people, places and pursuits. Committee on learning science in informal environments, National Research Council*. Washington: National Academies Press.

Bevan, B. Dillon, J., Hein, G.E., Macdonald, M., Michalchik, V., Miller, D., Root, D., Rudder, L., Xanthoudaki, M., & Yoon, S. (2010). Making Science Matter: Collaborations Between Informal Science Education Organizations and Schools. A CAISE Inquiry Group Report. Washington, D.C.: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).

Black, G. (2005). T*he Engaging Museum. Developing Museums for Visitor Involvement*. London: Rouledge.

Blatchford, P. (1992). Children's attitudes to work at 11 years. *Educational Studies, 18*, 107–118.

Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Frost, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook I: cognitive domain*. NY: David McKay.

Bogdan, R.C., & Biklen, S.K. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora.

Boisvert, D. L., & Slez, B. J. (1994). The relationship between visitor characteristics and learning-associated behaviors in a science museum discovery space. *Science Education*, *79*, 503 – 518.

Boisvert, D. L., & Slez, B. J. (1995). The relationship between exhibit characteristics and learning-associated behaviors in a science museum discovery space. *Science Education, 78*, 137 – 148.

Borun, M., & Flexer, B.K. (1983). *Planets and pulleys: studies of class visits to science museums*. Philadelphia: Franklin Institute Science Museum.

Botelho, A. & Morais, A. M. (2003). O que fazem os alunos num Centro de Ciência – uma análise das interacções com módulos científicos participativos. *Revista Portuguesa de Educação, 16 (1)*, 157–192.

Botelho, A. & Morais, A. (2004). A aprendizagem de conceitos científicos em Centros de Ciência – um estudo sobre a interacção entre alunos e módulos científicos participativos. *Revista Portuguesa de Educação, 12(1)*, 5–23.

Boutinet, J.-P. (1990). *Antropologia do projecto. Epistemologia e Sociedade*. Lisboa: Instituto Piaget.

Bradburne, J.M. (2000). Tracing our routes: Museological strategies for the twenty-first century. In B. Schiele & E.H. Koster (Eds.), *Science centers for this century* (pp. 35–85). Québec, Canada: Éditions MultiMondes.

Braganca, C. de (1957). *Campanha Oceanographica de 1897 do Yacht Amelia*. Lisboa: Marinha Portuguesa.

Braund, M., & Reiss, M. (2004). *Learning science outside the classroom*. NY: Routledge Falmer.

Brown, J., Collins, A., & Duiguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 18*, 32–42.

Bruner, J.S. (1960). *The process of education*. NY: Vintage.

Burtnyk, K.M. (2004). Chaperone-led field trips: The road less travelled? *ASTC Dimensions*, September/October, 12–15.

Butler, S. (1992). *Science and technology museums*. Leicester: Leicester University Press.

Bybee, R.W. (1993). *Reforming science education: Social perspectives & personal reflections*. New York: Teachers College Press.

Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practical action*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Bybee, R.W. (2001). Achieving scientific literacy: strategies for ensuring that free-choice science education complements national formal science education efforts. In J.H. Falk (Ed.), *Free choice science education, how we learn science outside of school* (pp. 44–63). New York: Teachers College Press.

Bybee, R.W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L.B. Flick, & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 1–14). Dordrecht: Springer.

Bybee, R.W., & Legro, P. (1997). Finding synergy with science museums: Introduction to the National Science Education Standards. *ASTC Newsletter, 25*(2), 6–7.

Bybee, R.W., Powell, J.C., Ellis, J.D., Giese, J.R., Parisi, L., & Singleton, L. (2001). Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education, 75*, 143–155.

Caamaño, A. (2000). Los Museos de Ciencia: presentación de la monografía. *Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 5–6.

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2000). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: Contributos para uma nova orientação curricular – ensino por pesquisa, *Revista de Educação, IX* (1), 69–78.

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. (Temas de Investigação, 26). Lisboa: IIE/ME.

Canário, R. (1999). *Educação de adultos - Um campo e uma problemática*. Lisboa: Educa.

Canizales de Andrare, R., (1990). Comparisons of learning from structured and nonstructured visits to a science exhibit [Abstract]. *Dissertation Abstracts International, 51*, 127.

Cavaco, M.H. 1992. *A educação ambiental para o desenvolvimento. Testemunhos e notícias. Cadernos de Inovação Educacional*. Lisboa: Escolar Editora.

Cavendish, S., Galton, M, Hargreaves, L., & Harlen, W. (1990). *Observing Activities.* London: Paul Chapman Publishing Ltd.

Chagas, I. (1993). Literacia científica. O grande desafio para a escola. *Comunicação apresentada no 1º Encontro Nacional de Investigação e Formação, Globalização e Desenvolvimento Profissional do Professor.* Escola Superior de Educação de Lisboa.

Chin, C.-C. (2004). Museum experience-a resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, 63–90.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2001). *Research methods in education*. New York: Routledge Falmer.

Comissão Europeia [CE] (2004). *Europe needs more scientists. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Bruxelas: Autor.

Comissão Europeia [CE] (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruxelas: Autor.

Contini, H., Rosenfeld, S., Moore, M., & Movshovitz-Hadar, N. (2004). Bridging school science with museum science: Learning about energy. *Proceedings of the National Association for Research in Science Teaching Annual Conference.* Vancouver, Canada.

Cooks, R. (1999). Is there a way to make controversial exhibits that work? *Journal of Museum Education, 23*(3), 18–20.

Cossons, N. (1993). Let us take science into our culture, *Interdisciplinary Science Reviews, 18*(4), 337–42.

Cox_Peterson, A.M., Marsh, D.D., Kisiel, J., & Melber, L.M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(2), 200–218.

Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design. Choosing among five approaches*. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Creswell, J.W., & Clark, V.L.P. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks Sage Publications, Inc.

Cruz, M. (2004). A formação de Professores e a Aprendizagem das Ciências em Museus e Centros Interactivos de Ciência. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Minho.

Cuesta, M., Pilar, M. D., Echevarria, I., Morentin, M., Pérez, C. (2000). Los Museos y Centros de Ciencia como Ambientes de Aprendizaje. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 21–28.

Damásio, A. (1995). *O erro de Descartes.* Lisboa: Europa América.

Damásio, A. (2000). *O sentimento de si: o corpo, a emoção e a neurobiologia da consciência*. Lisboa: Europa América.

Damásio, A. (2010). *O livro da consciência*. *A construção do cérebro consciente*. Lisboa: Circulo de Leitores.

David, C., & Matthews, B. (1995). The Teacher Internship Program for Science (TIPS): A successful museumschool partnership. *Journal of Elementary Science Education, 7*(1), 16 – 28.

Davidsson, E., & Jakobsson, A. (2009). Staff members' ideas about visitors' learning at science and technology centres. *International Journal of Science Education, 31*(1), 129-146.

Davis, J., & Gardner, H. (1993). Open windows, open doors. *Museum News, 72*(1), 34–37.

DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582–601.

DeBoer, G.E. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools In L.B. Flick, & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 17–35). Dordrecht: Springer.

Delicado, A. (2006). Os Museus e a Promoção da Cultura Científica em Portugal. Sociologia. *Problemas e Práticas, 51,* 53–72.

Delicado, A. (2009). *A musealização da ciência em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Denzin, N.K., & Lincoln, Y.S. (1994). Introduction: Entering the field of qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 1-17). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Denzin, N.K., & Lincoln, Y.S. (1998). Introduction. Entering the field of qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *The landscape of qualitative research. Theories and issues* (pp. 1-34). Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Dewey, J. (1916). *Democracy and Education*. New York: The Free Press.

DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education, 29*(6), 685–710.

Diamond, J. (1986). The behavior of family groups in science museums. *Curator, 29*(2), 139–154.

Díaz, M.J.M. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 1*(2), 57–63.

Dierking, L. D., & Falk, J. H. (1994). Family behavior and learning in informal science settings: A review of the research. *Science Education, 78*, 57–72.

Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L., Anderson, D., & Ellenbogen, K. (2003) Policy statement of the 'Informal Science Education' Ad hoc Committee, *Journal of Research in Science Teaching, 40*, 108–11.

Doering, Z.D., & Pekarik, A.J. (1996). Questioning the entrance narrative. *Journal of Museum Education, 21*(3), 20-23.

Dreyfus, A. (1993). Selecting appropriate strategies for laboratory teaching: a problem in teacher training. *European Journal of Teacher Education, 16*(3), 257–270.

Driver, R. (1989). Changing conceptions. In P. Adey, J. Bliss, J. Head, & M. Shayer (Eds.), *Adolescent development and school science* (pp. 79–99). London: Falmer Press.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science.* Open University Press: Milton Keynes.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science.* Philadelphia: Open University Press.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287–312.

Duggan, S., & Gott, R. (2002). What sort of Science Education do we Really Need Quest. *International Journal of Science Education, 24*(7), 661–680.

Duit, R., & Treagust, D.F. (1998). Learning in science – from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. Fraser, & Tobin, K.G. (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 3-25). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Durant, J. (1996). Science museums or just museums of science. In Pearce, S. (Ed.) *Exploring science in museums* (pp. 148-161). Londres: The Athlon Press.

Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education.* New York: Teachers College Press.

Duschl, R.A. (2000). Making the nature of science explicit. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving Science Education* (pp. 187-206). Philadelphia: Open University Press.

Duschl, R.A., & Grandy, R.E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: framing the debates. In R.A. Duschl, & R.E. Grandy (Eds.),

Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for research and implementation (pp. 1-37). Rotterdam: Sense Publishers.

Earwicker, M.J. (2008). Inspiring the future: the role of informal learning. *School Science Review, 89*(329), 37-42.

Eshach, H. (2007). Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology, 16*(2), 171–190.

Estrela, A. (1984). *Teoria e práctica de observação de classes: Uma estratégia de formação de professores.* Lisboa: INIC.

Eisner, E.W. (1998). The enlightened eye. Qualitative inquiry and the enhancement of educational practice. New Jersey: Prentice-Hall.

European Parliament and Council [EP&C] (2006). Recommendation of the European Parliament and of the Council on key competences for lifelong learning. *Official Journal of the European Union, L 394,* 10–18.

Falk, J. H. (1983a). Field trips: A look at environmental effects on learning. *Journal of Biological Education, 17*, 137–141.

Falk, J.H. (1983b). Time and behavior as predictors of learning. *Science Education, 67*(2), 267-276.

Falk, J. (2004). The Director's Cut: Toward an Improved Understanding of Learning from Museums. *Science Education, 88*(S1), 83–96.

Falk, J.H., & Bailling, J.D. (1982). The field trip milieu: learning and behavior as a function of contextual events. *Journal of Educational Research, 76*(1), 22–28.

Falk, J.H., & Dierking, L. (1992). *The museum experience*. Washington, DC: Whalesback.

Falk, J.H., & Dierking, L.D. (2000). *Learning from Museums: Visitors Experiences and their Making of Meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

Falk, J. H., Koran, J. J. J., & Dierking, L. D. (1986). The things of science: Assessing the learning potential of science museums. *Science Education, 70*(5), 503 – 508.

Falk, J. H., Martin, W. W., & Balling, J. D. (1978) The novel field-trip phenomenon: adjustment to novel settings interferes with task learning. *Journal of Research in Science Teaching, 15*(2), 127–34.

Faria, C., Freire, S., Galvão, C., Reis, P., & Baptista, M. (2012). Students at risk of dropping out: How to promote their engagement with school science? *Science Education International, 23*(1), 20-39.

Farmelo, G., & Carding, J. (Eds.). (1997). *Here and now: Contemporary science and technology in museums and science centers.* London: Science Museum of London.

Fensham, P. (2002). Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 2*(1), 9–24.

Fensham, P. (2008). *Science education policy-making.* Paris: UNESCO.

Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N.Y.: Lawrence Erlbaum Associates.

Flick, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica.* Lisboa: Monitor

Freire, S., Faria, C., Galvão, C. & Reis, P. (2011). Making science classes more popular and relevant: How do students' perceive it? *Research in Science Education*, onlinefirst. DOI: 10.1007/s11165-011-9247-0

Freitas, F. & Martins, P. (2005). Promover a aprendizagem das Ciências no 1ºCEB utilizando contextos de educação não formal. *Enseñanza de las Ciencias. VII congresso.*

Fry, H. (1987). Worksheets as museum learning devices. *Museums Journal, 86*, 219–225.

Fuller, S. (1997) *Science*. Buckingham: Open University Press.

Gago, M. (2003). O exercício prático da cultura científica. In B.S. Santos (org), *Conhecimento Prudente Para uma Vida Decente* (pp. 569-579). Santa Maria da Feira: Edições Afrontamento.

Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2007). *Educational research. An introduction.* NY: Pearson International Edition.

Galvão, C. (Coord.) (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências essenciais.* Lisboa: Ministério da Educação – Departamento da Educação Básica.

Galvão, C. (Coord.) (2002). *Orientações curriculares para as Ciências Físicas e Naturais para o 3º ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação – Departamento de Educação Básica.

Galvão, C., & Abrantes, P. (2005). Physical and natural sciences–a new curriculum in Portugal. In P. Nentwig & D. Waddington (Eds.), *Making it relevant. Context based learning of science* (pp.175–194). Münster: Waxmann Verlag

Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Oliveira, T. (2007). Science curriculum in Portugal: From the development to the evaluation of students' competences. In D. Waddington, P. Nentwig, & S. Schanze (Eds.), *Making it comparable. Standards in Science Education* (pp.237-253). Münster: Waxmann

Gardner, H. (1983). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences.* NY: Basic Books.

Gee, J (1996). Social Linguistics and Literacies. London: Taylor and Francis

Gennaro, E.D. (1981). The effectiveness of using previsit instructional materials on learning for a museum fieldtrip experience. *Journal of Research in Science Teaching, 18*(3), 275–279.

Germann, P. J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching, 25*, 689–703.

Gil, F.G. (1993). Museus de ciência e técnica. In M.B. Rocha-Trindade (Ed.), *Iniciação à Museologia* (pp. 245-256). Lisboa: Universidade Aberta.

Gil, F.B. (1998). Museums of science and science centers: two opposite realities? In A.A. Ferreira, & J.R. Rodrigues (Eds.), *Museums of science and technology* (pp. 21-39). Lisboa: Fundação Oriente.

Gilbert, J., & Priest, M. (1997). Models and Discourse: A Primary School Science Class Visit to a Museum. *Science Education, 81*, 749–762.

Godin, B. (1999). *Les usages sociaux de la culture scientifique.* Québec (Canadá): Les Presses de L'Université LAVAL.

Goodrum, D., Hackling, M., & Rennie, L. (2001). *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools.* Canberra, Australia: Department of Education, Training and Youth Affairs.

Gottfried, J. (1980). Do children learn on school field trips? *Curator, 23*(3), 165–174.

Graber, W., & Nentwig, P. (1999, Maio). Scientific literacy. Bridging the gap between theory and practice. *Comunicação apresentada na conferência da ATEE.* Klaipeda, Lituania.

Greco, P. (2007). Science museums in a knowledge-based society. *Journal of Science Communication, 6*(2), 1-3.

Gregory, J., & Miller, S. (1998). *Science in public: communication, culture and credibility*. NY: Plenum Trade.

Griffin, J. (1994). Learning to learn in informal settings. *Research in Science Education, 24*, 121–128.

Griffin, J.M. (1998). *School-museum integrated learning experiences in science: a learning journey*. Doctoral Thesis, University of Technology, Sidney.

Griffin, J. (1999). An exploration of learning in informal settings. *Comunicação apresentada na National Association for Research in Science Teaching Annual Conference*. Boston, MA.

Griffin, J. (2004). Research on students and museums: Looking closely at the students in school groups. *Science Education, 88*(Suppl.1), S59–S70.

Griffin, P., McGaw, B. & Care, E. (2012). Assessing and teaching for 21st century skills. Dordrecht: Springer.

Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education, 81*(6), 763–779.

Guba, E.G., & Lincoln, Y.S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 105–117). Thousand Oak, CA: Sage Publications.

Guba, E.G., & Lincoln, Y.S. (1998). Competing paradigms in qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *The landscape of qualitative research* (pp. 195–220). Thousand Oak, CA: Sage Publications.

Harlen, W. (1992). *The Teaching of Science*. London: David Fulton Publishers.

Hattie, J., & Tiplerlay, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81-112.

Hein, G.E. (2006). Museum education. In S. MacDonald (Ed.), *A companion to museum studies* (pp. 340–352). London: Blackwell Publishing.

Hernandez-Hernandez, F. (1998). *Él museo como espacio de comunicación*. Gijón: Ediciones Trea S.L.

Hodson, D. (1996). Laboratory Work as Scientific Method: Three Decades of Confusion and Distortion. *Journal of Curriculum Studies, 28*(2), 115–135.

Hodson, D., & Freeman, P. (1983). The effect of primary science on interest in science: Some research problems. *Research in Science and Technological Education, 1*, 109–118.

Hofstein, A., Bybee, R.W., & Legro, P.L. (1997). Linking formal and informal science education through science education standards. *Science Education International, 8*, 31–37.

Hohenstein, J, & Manning, A. (2010). Thinking about learning: learning in science. In J. Osborne, J. & Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching. What research as to say* (pp. 68-81). NY: Open University Press.

Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education, 28*, 87–112.

Holbrook, J. (2010). Education through science education for all. *Science Education International, 21*(2), 80–91.

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education, 29*(11), 1347–1362. DOI: 10.1080/09500690601007549.

Holmes, J.A. (2011). Informal learning: student achievement and motivation in science through musem-based learning. *Learning Environmental Research, 14*, 263-277.

Hooper-Greenhill, E. (Ed.) (1989). *Initiatives in Museum Education*. Leicester: Department of Museum Studies.

Hooper-Greenhill, E. (1991). *Museum and Gallery Education*. Leicester: Leicester University Press.

Hooper-Greenhill, E. (Ed.) (1999). *The Educational Role of the Museum*. London: Routledge.

Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and Education. Purposes, pedagogy, performance*. London: Routledge.

House of Lords (2000). *Science and Technology: Third Report of the Select Committee on Science and Society*. London: House of Lords. Retirado em Setembro de 2011, de http://www.publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm.

Houston, J. (2007). *Future skill demands, from a corporate consultant perspective*. Comunicação apresentada no Workshop on Research Evidence Related to Future Skill Demands, National Research Council. Retirado em Setembro de 2011, de

http://www7.nationalacademies.org/cfe/Future_Skill_Demands_Presentations.html.

Hurd, P. (1997). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education, 82*, 407–416.

International Commission of Museums [ICOM] (2007). ICOM definition of a museum Retirado em Setembro de 2011, de http://icom.museum/definition.html.

Instituto Nacional de Estatística [INE] (2010). *Estatísticas da cultura 2009*. Lisboa: INE.

Janousek, I. (2000). The "context museum": integrating science and culture. *Museum International*, *52*(4), 21-24.

Jarvis, T., & Pell, A. (2002). The effect of the challenger experience on elementary children's attitudes to science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*: 979–1000.

Jarvis, T., & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during and after a visit to the UK National Space Center. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 53–83.

Kafai, Y.B., & Gilliland-Swetland, A.J. (2001). The use of Historical Materials in Elementary Science Classrooms. *Science Education, 85*(4), 349−367.

Kahle, J. B., & Yager, R. E. (1981). Current indicators for the discipline of science education. *Science Education, 65*(1), 25–31.

King, K. (1982). Formal, nonformal and informal learning: some north-south contrasts. *International Review of Education, 28*, 177–187.

King, K.P. (2002). *Technology, Science Teaching and Literacy. A century of growth*. NY: Kluwer Academic Publishers.

King, H., & Glackin, E. (2010). Supporting science learning in out-of-school contexts. In Osborne, J. & Dillon, J. (Eds.), *Good practice in science teaching. What research as to say* (pp. 259-273). NY: Open University Press.

Kilpatrick, W. H. (1918). The project method. *Teachers College Record, 19*, 319-335.

Kirk, G. (1987). Changing Needs in Schools. In T. Ambrose (Ed.), *Education in Museums, Museums in Education* (pp. 19-26). Edinburgh: HMSO.

Kisiel, J. F. (2003). Teachers, museums and worksheets: A closer look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education, 14*(1), 3–21.

Kisiel, J. (2005). Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education, 89*(6), 936–955.

Kisiel, J. (2006). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a natural history museum. *Science Education, 90*, 434–452.

Kisiel, J. (2010). Exploring a school-aquarium collaboration: An intersection of communities of practice. *Science Education, 94*, 95–121.

Klopfer, L.E., & Cooley, W.W. (1963). The history of Science Cases for High School in the Development of Student Understanding of Science and Scientists. *Journal of Research for Science Teaching, 1*(1), 33–47.

Kozulin, A. (2003). Psychological tools and mediating learning. In A. Kozulin, B. Gindis, V. Agevey & S. Miller (Eds.), *Vygotsky's educational theory in cultural contex* (pp. 15-38). New York: Cambridge University Press.

Krueger, R.A. (1994). Focus group. A practical guide for applied research. Thousand Oaks: Sage Publications.

Kubota, C.A., & Olstad, R.G. (1991). Effects of novelty reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 225–234.

Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills.* London: Academic Press.

Lam-Kan, K. S. (1985). *The contributions of enrichment activities towards science interest and science achievement.* Master Thesis, National University of Singapore, Singapore.

Laugksch, R. C. (2000). Science literacy: A conceptual overview. *Science Education, 84*(1), 71–94.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning – legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V. & Uitto, A. (2005). Pupil interest in Physics: A survey in Finland. *Nordina, 2*, 72-85.

Lederman, N.G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–879). London: Lawrence Erlbaum Associates.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*, 497–521.

Lei de Bases do Sistema Educativo Português. Diário da republica nº 46/86 – 1ª série-A, de 14 de Outubro de 1986.

Lei-Quadro dos Museus Portugueses. Diário da República nº 195/04 - 1ª série-A, de 19 de Agosto de 2004.

Leinhardt, G., & Crowley, K. (2002) Objects of learning, objects of talk: changing minds in museums. In S. Paris (Ed.), *Perspectives on Object-centred Learning in Museums* (pp. 301–304). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lemelin, N., & Bencze, L. (2004). Reflection-o-action at a science and technology museum: findings from a university-museum partnership. Canadian Journal of Science. *Mathematics and Technology Education, 4*, 467-481.

Lessard-Hébert, M., Goyette, G., & Boutin, G. (1990). *Investigação qualitativa. Fundamentos e práticas.* Lisboa: Instituto Piaget.

Levy, F., & Murnane, R.J. (2004). *The new division of labor: How computers are creating the next job market.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Lincoln, Y, & Guba, E.G. (1985). Naturalistic inquiry. London: Sage Publications.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. L. (2004) *Internet Environments for Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review, 70*(250), 115–119.

Lucas, K. B. (2000). One teacher's agenda for a class visit to an interactive science center. *Science Education, 84*, 524–544.

Lucas, A.M., McManus, P., & Thomas, G. (1986). Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. *European Journal of Science Education, 8*, 341–352.

MacDonald, S. (2002). *Behind the scences at the science museum.* Oxford: Berg.

Mackenzie, A. A.. & White, R. T. (1982) Fieldwork in geography and long-term memory structures, *American Educational Research Journal, 19*(4), 623–32.

MacLeod, B., & Keistead, M. (1990). Museums and schools: partnership in education. *Museum Quarterly, 18*(3), 17–22.

Martins, I.P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 1*(1), 28–39.

Martins, I.P. & Alcântara, F. (2000). Intercompreensão na Educação Formal e Não Formal em Ciências - o desafio actual. *Revista Didáctica das Línguas, 8*, 9–22.

Maykut, P., & Morehouse, R. (1994). *Beginning qualitative research: a philosophic and practical guide*. London: The Falmer Press.

Maxwell, J.A. (2002). Understanding and validity in qualitative research. In A.M. Huberman, & M.B. Miles (Eds.), *The qualitative researcher's companion* (pp. 37-58). Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

McComas, W.F., & Olson, J.K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer.

McLean, K. (1993). *Planning for people in museum exhibitions.* Washington: Association of Science-Technology Centers.

McManus, P. (1985). Worksheet-induced behaviour in the British Museum (Natural History). *Journal of Biological Education, 19*(3), 237–242.

McManus, P. M. (1987). It's the company you keep. . . The social determination of Learning-related behavior in a science museum. *International Journal of Museum Management and Curatorship, 6*, 263 – 270.

McManus, P.M. (1992). Topics in museum and science education. *Studies in Science Education, 20*, 157–162.

Meredith, J. E., Fortner, R. W., & Mullins, G. W. (1997). Model of affective learning for nonformal science education facilities. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(8), 805 – 818.

Merriam, S.B. (1988). *Case study research in education: a qualitative approach*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Mertens, D.M. (1998). *Research methods in education and psychology. Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches.* Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. *International Journal of Science Education, 28*(13), 1499–1521.

Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education, 14*, 33–62.

Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future.* London: Kings College.

Millar, R., Osborne, J., & Nott, M. (1998). Science education for the future. *School Science Review, 80*(291), 19–24.

Milles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative Data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Morin, E. (1991). Introdução ao pensamento complexo. Lisboa: Instituto Piaget.

Mortensen, M.F., & Smart, K. (2007). Free-Choice Worksheets Increase Students' Exposure to Curriculum during Museum Visits. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(9), 1389–1414.

Muse, C., Chiarelott, L., & Davidman, L. (1982). Teachers' utilization of field trips: Prospects and problems. *Clearing House, 56*, 122– 126.

Musgrove, F., & Batcock, A. (1969). Aspects of swing from science. *British Educational Psychology 39*, 320–325.

National Research Council [NRC] (1996). *National Science Education Standards.* Washington: National Academy Press.

National Research Council [NRC] (2000). *Inquiry and the National Standards in science education*. Washington: National Academy Press.

National Research Council [NRC] (2010). *Exploring the intersection of Science Education and 21st century skills. A workshop summary*. Washington: National Academy Press.

National Research Council [NRC] (2011). *A framework for science education*. Washington: National Academy Press.

Norris, S., & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education, 87*(2), 224–240.

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn.* Cambridge: Cambridge University Press.

Oliveira, M. (2008). As visitas de estudo e o ensino e a aprendizagem das ciências físico-químicas: um estudo sobre concepções e práticas de professores e alunos. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Minho.

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD] (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework–Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills.* Final Report. OECD

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD] (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies.* Policy Report. OECD

Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching, 31,* 1097–1119.

Osborne, J. (2010). Science for citizenship. In J. Osborne, J. & Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching. What research as to say* (pp. 46-67). NY: Open University Press.

Osborne, J., & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education, 23*(5), 441–467.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections.* London: King's College London.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994–1020.

Osborne, R., & Freyberg, P. (1991); *Learning in Science - The Implications of Children's Science.* Hong Kong: Heinemann.

Osborne, J., & Henessy, S. (2003). Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions. UK: Future Lab Series.

Osborne, J., Ratcliffe, M., Collins, S., Millar, R. and Duschl, R. (2003). What 'ideas-abouts cience' should be taught in school science? A Delphi study of the 'Expert' community. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(7), 692–720.

Osbome, R. J., & Wittrock, M. (1985). The generative learning Model and its implications for science education. *Studies in Science Education, 12,* 59–87.

Palermo, U.M.G. (2007). A promoção da cultura científica dos cidadãos. O caso de um Centro Interactivo de Ciência e Tecnologia. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Palmer, D. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(2), 147-165.

Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Paris, S. (1997). Situated motivation and informal learning. *Journal of Museum Education, 22*(2&3), 22–26.

Paris, S. G., Yambor, K. M., & Packard, B. (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal*, *98*(3), 267–289.

Parsons, C., & Muhs, K. (1994). Field trips and parent chaperones: A study of self-guided school groups at the Monterey Bay Aquarium. *Visitor Studies: Theory, Research and Practice*, 7(1), 57–61.

Pearce, S. (1992). *Museum objects and collections – a cultural study*. Leicester: Leicester University Press.

Pedretti, E. (1997). Septic tank crisis: A case study of science, technology and society education in an elementary school. *International Journal of Science Education, 19*(10), 1211 – 1230.

Pedretti, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education, 37*, 1–42.

Pedretti, E.G. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based Science Center Exhibitions. *Science Education, 88*, 34-47.

Pell, T., & Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal in Science Education, 23*, 847–862.

Pérez, D.G., & Castro, P.V. (1996). La orientación de las practicas de laboratório como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciências*, *14*(2), 155-163.

Peterson, N., Mumford, M., Borman, W., Jeanneret, P., & Fleishman, E. (1999). *An occupational information system for the 21st century: The development of O*NET*. Washington, DC: American Psychological Association.

Piscitelli, B., & Anderson, D. (2001) Young children's perspectives of museums' settings and experiences. *Museum Management and Curatorship, 19*(3), 269–82.

Please Touch Museum – PTM (1998). *Project explore: A two-year study on how and what young children learn in children's museum*. Philadelphia: Please Touch Museum.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211–227.

Priest, M., & Gilbert, J. (1993). Space for collaboration. *Museums Journal, 93*(11), 32–34.

Priest, M., & Gilbert, J. (1994). Learning in museums: Situated cognition in practice. *Journal of Education in Museums, 15,* 16–18.

Price, S., & Hein, G. E. (1991). More than a field trip: Science programs for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education, 13,* 404–519.

Pulakos, E.D., Arad, S., Donovan, M.A., & Plamondon, K.E. (2000). Adaptability in the workplace: Development of a taxonomy of adaptive performance. *Journal of Applied Psychology, 85,* 612–624.

Pumpian, I., Wachowiak, S., & Fisher, D. (2006). School in the park: A unique learning experience for children and teachers. In I. Pumpian, D. Fisher, & S. Wachowiak (Eds.), *Challenging the classroom standard through museum-based education: School in the park* (pp. 1 – 13). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Quéro, J.C., Hureau, J.C., Karrer, C., Post, A. & Saldanha; L. (eds) (1990). Check-list of the fishes of the eastern tropical atlantic. Brussels: UNESCO.

Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J. III, & Walberg, H.J. (1994). Reexamining connections: museums as science learning environments. *Science Education, 78,* 345–363.

Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education, 19*(2), 167–182.

Reis, P. (2004) *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida.* Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Reis, P. (2008) *A escola e as controvérsias sociocientíficas: Perspectivas dos alunos e professores.* Lisboa: Escolar Editora.

Reis, P., & Galvão, C. (2004). Sócio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. *International Journal of Science Education, 26*(13), 1621–1633.

Rennie, L. J. (1994). Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. *Research in Science Education, 24,* 261–269.

Rennie, L. J. (2007). Learning science outside of school. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 125–167). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rennie, L. J., & Johnston, D. J. (2004). The nature of learning and its implications for research on learning from museums. *Science Education*, *88*(Suppl. 1), S4–S16.

Rennie, L.J., & McClafferty, T.P. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education,* 27, 53–98.

Rennie, L. J., & Williams, G. F. (2002). Science centers and scientific literacy: Promoting a relationship with science. *Science Education, 86*, 706–726.

Rennie, L.J., & Williams, G.F. (2006). Communication about science in a traditional museum: Visitors' and staff's perceptions. *Cultural Studies of Science Education, 1*, 791–820.

Ribeiro, M. (2005). Os Museus e Centros de Ciência como ambientes de aprendizagem. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Minho.

Rodrigues, A.A.V. (2011). A educação em ciências no ensino Báscio em ambientes integrados de formação. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Roldão, M.C. (1999). Os professores e a gestão do currículo. Perspectivas e práticas em análise. Porto: Porto Editora.

Ross, D. L. (2006). The opportunity to learn science like scientists: Museums are a good idea. In I. Pumpian, S. Wachowiak, & D. Fisher (Eds.), *Challenging the classroom standard through museum-based education: School in the park* (pp. 109 – 122). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans.* New York: Oxford University Press.

Ryder, J. (2001). Identifying Science Understanding for Functional Scientific Literacy. *Studies in Science Education, 36*, 1–44.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(4), 513–536.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 112–138.

Saldanha, L. (1996). Explorações Submarinas. In D. Reis (Ed.), *D Carlos de Bragança – A Paixão do Mar* (pp. 30–81). Lisboa: Parque Expo 98, Fundação da Casa de Bragança, Marinha Portuguesa.

Sandifer, C. (1997). Time-based behaviors at an interactive science museum: Exploring the differences between weekday/weekend and family/nonfamily visitors. *Science Education, 81*, 680–701.

Sandifer, C. (2003). Technological novelty and open-endedness: Two characteristics of interactive exhibits that contribute to the holding of visitor attention in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(2), 121 – 137.

Santos, M.E.V.M. (2005). *Que educação?* (Tomo I). Lisboa: Santos-Edu.

Schraw, G., Flowerday, T. & Lehman, S. (2001). Increasing Situational Interest in the Classroom. *Educational Psychology Review, 13*(3), 211-224.

Schauble, L, Beane, D.B., Coates, G.D., Martin, L.W., & Sterling, P.V. (1996). Outside the classroom walls: Learning in informal environments. In L. Schauble e R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education, (*pp. 5-24). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Schreiner, C., & SjØberg, S. (2004). *ROSE – The Relevance of Science Education.* Oslo: Department of Teacher Education and School Development of University of Oslo.

Schussler, D.L. (2009). Beyond Content: How Teachers Manage Classrooms to Facilitate Intellectual Engagement for Disengaged Students. *Theory Into Practice, 48*, 114–121.

Scott, P., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). Kiel: Institute for Science Education at the University of Kiel.

Shulman, L.E., & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R.M.W. Trevors (Ed.), *Second Handbook of Research on Teaching* (pp. 1098–1148). Chicago: Rand McNally College Publishing.

Silverman, L. H. (1995) Visitor meaning-making in museums for a new age. *Curator, 38*(3), 161–70.

Simpson, M., & Tuson, J. (1997). *Using observing in small small-scale research. A beginner's guide*. Glascow: SCRE Publication.

Solomon, J. (1991). Teaching about the Nature of Science in the British National Curriculum. *Science Education, 75*(1), 95–103.

Stake, R. E. (2009). *A arte da investigação com estudos de caso* (2ª edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Stevenson, J. (1991). The long term impact of interactive exhibits. *International Journal of Science Education, 13*(5), 521–31.

Stocklmayer, S., & Gilbert, J. K. (2002). New experiences and old knowledge: Towards a model for the personal awareness of science and technology. *International Journal of Science Education, 24*(8), 835 – 858.

Stocklmayer, S.M., Rennie, L.J., & Gilbert, J.K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education'. *Studies in Science Education, 46*, 1, 1– 44.

Storksdieck, M. (2001). Differences in teachers' and students' museum field-trip experiences. *Visitor Studies Today, 4*(1), 8–12.

Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory and procedures and techniques. Newbury Park, CA: Sage.

Swarat, S. (2008). What Makes a Topic Interesting? A Conceptual and Methodological Exploration of the Underlying Dimensions of Topic Interest. *Electronic Journal of Science Education, 12*(2), 1-26.

Symington, D., Boundy, K., Radford, T., & Taylor, R. (1986). Prior knowledge and primary pupils' interaction with a museum display. *Research in Science Education, 16*, 55–62.

Tal, R. T. (2001). Incorporating fiel trips as science learning environments enrichment – an interpretative study. *Learning Environments Research, 4*, 25-49.

Tal, T., Bamberger, Y., & Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teachers' roles. *Science Education, 89*, 920–935.

Tal, T., & Morag, O. (2007). School visits to natural history museums: Teaching or enriching? *Journal of Research in Science Teaching, 44*(5), 747–769.

Tal, T., & Steiner, L. (2006). Patterns of teacher–museum staff relationships: School visits to the educational center of a science museum. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 6*, 25–46.

Thijs, M., & Verkuyten, J. (2009). Students' anticipated situational engagement: The roles of teacher behavior, personal engagement, and gender. *The Journal of Genetic Psychology, 170*(3), 268–286.

Thomas, G., & Caulton, T. (1995). Objects and interactivity: a conflict or a collaboration? *International Journal of Heritage Studies, 1*(3), 143–155.

Tran, L.U. (2006). Teaching Science in Museums: The Pedagogy and Goals of Museum Educators. *Science Education, 91*, 278–297.

Tunnicliffe, S.D., Lucas, A. M., & Osborne, Jonathan (1997). School visits to zoos and museums: a missed educational opportunity? *International Journal of Science Education, 19*(9), 1039-1056.

Turner, D. M. (1927). *History of Science Teaching in England*. London: Chapman and Hall.

UNESCO (1999). *Science for the twenty-first century. A new commitment.* Disponível em: http://www.unesco.org/science/wcs/abstracts/I_7_education.htm [Retirado em Setembro de 2011].

Van Rennes, E.C. (1978). Educational techniques in a science museum. *Curator, 21*(4), 289–302.

Varela, C.R.M.C. (2009). As visitas de estudo e o ensino e a aprendizagem das ciências naturais: um estudo sobre representações de professores e alunos do 9º ano de escolaridade. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Minho.

Vygostky, L. (1962). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press.

Wandersee, J.H. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Antecipate Students' Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching, 23*, 581–597.

Wandersee, J.H. (1992). The Historicality of Cognition: Implications for Science Education Research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*, 423−434.

Watermeyer, R. (2012). A conceptualization of the post-museum as pedagogical space. *Journal of Science Comunication, 11*(1), 1-8.

Weitzman, S.H. (2003). Illustrating Fishes. In E.R.S. Hodges, S. Buchanan, J. Cody, & T. Nicholson (Eds.), *The Guild Handbook of Scientific Illustration* (pp. 365−384). New Jersey: Wiley.

Wellington, J. (1998) *Interactive Science Centres and Science Education.* Croner's Heads of Science Bulletin. (Issue 16). Kingston-upon-Thames: Croner Publications.

Wertsch, J. (1991). *Voices of mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, R. T. (1988). *Learning science.* Oxford: Basil Blackwell.

White, R.T., & Gunstone, R.F. (1992). Probing understanding. London: Falmer Press.

Wolins, I. S., Jensen, N., & Ulzheimer, R. (1992). Children's memories of museum field trips: A qualitative study. *Journal of Museum Education, 17*, 17–27.

Woollard, V., & Pontin, K. (2000). Museum and galleries INSET: teachers' attitudes and priorities. *Journal of Education in Museums, 21*, 3–7.

Wright, E.L. (1980). Analysis of the effect of a museum experience on the biology achievement of the sixth-graders. *Journal of Research in Science Teaching, 17*(2), 99–104.

Xanthoudaki, M. (1998) Educational Provision for Young People as Independent Visitors to Art Museums and Galleries: Issues of Learning and Training, *Museum Management and Curatorship*, *17*(2), 159–172.

Xanthoudaki, M. (2002). Introduction. In M. Xanthoudaki (ed.), *A place to discover: teaching science and technology with museums* (pp. 5-13). Milão: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia 'Leonardo da Vinci' and Socrates programme of the European Union.

Xisto, S.C.P.A. (2008). Avaliação de visitas de estudo a centros interactivos de ciência: Um estudo a partir do centro ciência viva de Constância. Dissertação de Mestrado, Universidade do Aveiro, Aveiro.

Yu, J.-C. & Yang, H.-J. (2010). Incorporating museum experience into an in-service programme for science and technology teachers in Taiwan. *International Journal of Technology & Design Education, 20*, 417-431.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). A research based framework for socio-scientific issues education. *Science Education, 89*(3), 357–377.

APÊNDICES

Apêndice A – Artigos de Investigação

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

School-visit to a science centre: the relevance of teachers' behaviour

Cláudia Faria and Isabel Chagas

Institute of Education, University of Lisbon, Portugal, E-mail: cbfaria@ie.ul.pt, michagas@ie.ul.pt

Abstract: This study is centred on the behaviour of students and teachers during a school-visit to a Science Centre, with the purpose to answer to the following research questions: How do the students interact with the exhibits? With whom students interact during the visit? How do the teachers behave during the visit? The study was conducted in two science exhibitions, a permanent one and a temporary one. A total of 52 students and 23 teachers were observed. Data analysis showed that students used to wandering around, interacting with the exhibits for very short periods of time. However, some differences were detected between both exhibitions. In the temporary one, most students seemed to miss the interpretation of the phenomena under observation, just manipulating the exhibits, whereas in the permanent one, they tried to interpret the results of their manipulation. These results can be related to teachers' behaviour. In fact, only in the permanent exhibition teachers remained focused in the visit for almost all the time, manipulating the exhibits while explaining it to students. It is suggested that the role assumed by the teacher during a school visit to a science centre could determine the level of students' engagement with the visit.

Key-words: science centres, science education, non-formal learning, students' behaviour, teachers' role.

Introduction

In the last decades, science education movements have enhanced the need to promote a better understanding of science and technology, to develop applicable knowledge on fundamental science concepts, on the methodological nature of science and on its relations with other domains of the society. In order to promote the development of active citizens, willing to engage in present and relevant scientific issues with an impact on the society to evolve, it is essential to develop innovative activities and methodologies, in science teaching and in science teacher education, and to encourage collaborative actions between different stakeholders, of both formal and non-formal education, such as science museums and science centres, aimed at accelerating the pace of change through the sharing of know-how. By strengthening school science, these institutions can contribute to the creation of a more interested and receptive audience for future and lifelong science learning (Chin, 2004; Bell, Lewenstein, Shouse & Feder, 2009).

Contemporary learning theories, such as social constructivism, that view learning as an active, constructive process, have led to increased attention to learners' motivations, prior experiences, tacit knowledge and cultural identity. This is particularly salient in

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

designed spaces, such as science museums and science centres, where learners can control their own learning agenda (Bell et al., 2009). According to Paris, Yambor and Packard (1998) these institutions are environments that provide key conditions for visitors to "construct personal meaning, have genuine choices, encounter challenging tasks, take control over their own learning, collaborate with others, and feel positive about their efforts" (p. 271). Learning science in non-formal environments serves a broad range of intended outcomes, like inspiring emotional reactions, reframing ideas, introducing new concepts, communicating the social and personal value of science, and promoting deep experiences of natural phenomena (Bell et al., 2009).

Many authors (e.g. Ramey-Gassert, Walberg & Walberg, 1994; Pedretti, 2002) have already highlighted that science museums and science centres can generate a sense of wonder, interest, enthusiasm and motivation to learn that should be explored. Students usually enjoy visits to these non-formal institutions and reiterate their satisfaction, which can have an effect on their interest and enjoyment toward science activities (Wolins, Jensen & Ulzheimer, 1992; Ramey-Gassert et al., 1994; Rennie, 1994; Anderson, Lucas & Ginns, 2003). These positive attitudes not only influence views of science and aspirations to future careers, but also can influence attainment and the willingness to participate more in science activities (Germann, 1988; Jarvis & Pell, 2005).

Moreover, science centres can address aspects of science education that might be missing in more formal, class-based learning, like the promotion of an awareness of the relevance of science to society (Jarvis & Pell, 2005). Indeed, science centre environments are ideal for the development of science concepts since there is an emphasis on hands-on activities related to real-world objects and events, with social interaction and group performance emphasized (Ramey-Gassert et al., 1994; Falk & Dierking, 2000; Jarvis & Pell, 2005).

Despite the widespread acceptance of the cognitive, affective and social aspects of the learning experiences of visitors to science museums and science centres (e.g. Rennie & McClafferty, 1996; Anderson et al, 2003), these highly stimulating and novel physical and social environments have been linked to ineffective learning by visiting school students (e.g. Kubolta & Olstad, 1991). Many school trips are often conducted in a manner that do not maximise the learning opportunities they could afford. In spite of many studies have already showed that pre-visit orientation and post-visit follow-up generally improve the learning potential of a school fieldtrip, usually there is little or no preparation to these visits (Kubota & Olstad, 1991; Kisiel, 2006). Moreover, there seems to be a gap between school-based and museum-based activities that is a major impediment for students' learning in a visit. How to close this gap in order to effectively integrate formal and non-formal practices is a current discussion issue among researchers (Tal & Morag, 2007; Bell et al., 2009).

A key educational challenge for science museums is to link emotional and sensory responses with science-specific phenomena. Associating scientific thinking with

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

engaging and enjoyable events and real-world outcomes can create important connections on a personal level (Bell et al., 2009). In this sense, non-formal settings occupy an important and unique space in science learning, presenting strengths that are unique and complementary to the strengths of schools (Ramey-Gassert et al., 1994; Pedretti, 2002; Jarvis & Pell, 2005; Bell et al., 2009;). For this to be accomplished, "future research in science education should focus on how to effectively blend informal and formal learning experiences in order to significantly enhance the learning of science" (Hofstein & Rosenfeld, 1996, p. 107).

Integrated in these modern movements that intended to improve scientific literacy of every citizen, it was created in Portugal, in 1996, a national agency for scientific and technological culture, "Ciência Viva", with the main goal of engaging the public in general, and the school public in particular, in scientific and technological issues. To achieve this purpose, it has been created a network of science centres, distributed throughout the country, which are intended to be interactive spaces of science and technology. These science centres are now visited by hundreds of schools every year, assuming an important role in science education nowadays. For this reason, it is essential to understand what really happens in this type of non-formal science learning contexts. How is the school visit implemented? What are the roles for teachers and for museum educators? How students behave during the visit? The purpose of the present study was to contribute to the understanding of these issues through the analysis of the behaviour of students and teachers during a school-visit to a Science Centre, trying to understand: How do students interact with the exhibits? With whom students interact during the visit? And how do teachers behave during the visit?

Methodology

Exhibition context

The study was conducted in two thematic exhibitions at the Science Centre of Lisbon (Portugal), an interactive Science Museum that intends to promote the exploration and experimentation of the physical world. A thematic exhibition supplies a conceptual framework for the visitor, which houses the entire set of exhibits under a single conceptual (thematic) umbrella (Sandifer, 1997). One of the exhibitions was temporary, "Disgusting! The indiscrete science of the human body!", and was focused on the human body functioning. The other exhibition was permanent, "Explore", and was focused on human perception. Each exhibition had a number of interactive modules which visitors could explore for themselves. Interactive modules are intended to be "minds-on" exhibits (and not only "hands-on" that merely requires physical manipulation) that allow visitors to explore and exercise control over one or more of the exhibits variable "parameters" and provoke further interaction through feedback (Rennie & McClafferty, 1996).

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

The temporary exhibition "Disgusting!" had 16 interactive modules, focused on the human body. These modules intended to explore all that is more disgusting about the human body (e.g. bad breath, sweat, stomach noises, and rubbish inside the nose). The permanent exhibition "Explore" had 13 interactive modules, focused on natural phenomena having the human perception as a guiding theme. The modules were addressed to explore natural and everyday life phenomena (e.g. tornados, shadows, light refraction).

This science centre has a website where some information about the exhibits, namely the description of each module in each exhibition, is presented. Information is also given about the possibility offered to teachers to visit the exhibition with a monitor of the science centre before the school visit. During the school visit, each school group had a pre-determined time, 30 minutes, to visit each exhibition. However, different school groups could visit simultaneously a given exhibition room. Teachers were responsible for the design of the visit path. Monitors were always present in each exhibition room, acting only when required by any participant (e.g. for an explanation about some module) or for attendance related reasons (e.g. eventual visitors' unruly behaviour).

Sample

A total of 52 students were observed, 30 students when visiting the temporary exhibition and 22 students when visiting the permanent exhibition. Students were from different school grades: 18 from the first grade (6 to 10 years old); five from the second grade (10 to 12 years old); 27 from the third grade (13 to 15 years old); 11 from the last grade before University (16 to 18 years old). Additionally, a total of 23 teachers were also observed: 11 when visiting the temporary exhibition and 12 when visiting the permanent exhibition (eight teachers of the first grade, 10 of the second grade and five of the third grade).

Data collection

The study focused on students' and on teachers' behaviour when participating in school visits to the science centre. The observation was non-participant and structured. First, *ab libitum* observations were made in order to identify the type of behaviours each participant (student or teacher) use to interact with the exhibition modules, which were subsequently organized into behavioural categories. Secondly, focused observations were made. In the beginning of a school visit, when the group first entered the exhibition room, one participant (student or teacher) was selected by chance and its behaviour was registered until the end of the visit (30 min). At each observation session, the frequency and duration of each pre-defined behavioural category was registered for each participant selected for being observed.

The information recorded was:

- Time of each module interaction

- Type of behavioural category observed in the interaction with the module

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

- Personal interactions with other participants (student, teacher, monitor)

- Total time teachers were not engaged with the school visit

Additionally, at the end of each school visit all observed teachers answered to a brief questionnaire about their opinion concerning: the interest and relevance of the exhibition (Likert scale questions, with 5 levels, ranging from very bad – level 1, to very good - level 5); what type of contact they established with the science centre prior to the visit (yes or no multiple choice questions); and the objectives of the visit (open question).

Results

Whenever a class group entered into the exhibition room, a small talk with the monitor was held in order to inform students about some rules, related to: the time they had to stay in the exhibition (30 min) before exiting to another room; the permission to manipulate every module freely; and the monitors' role elucidating any doubt they had about the modules.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

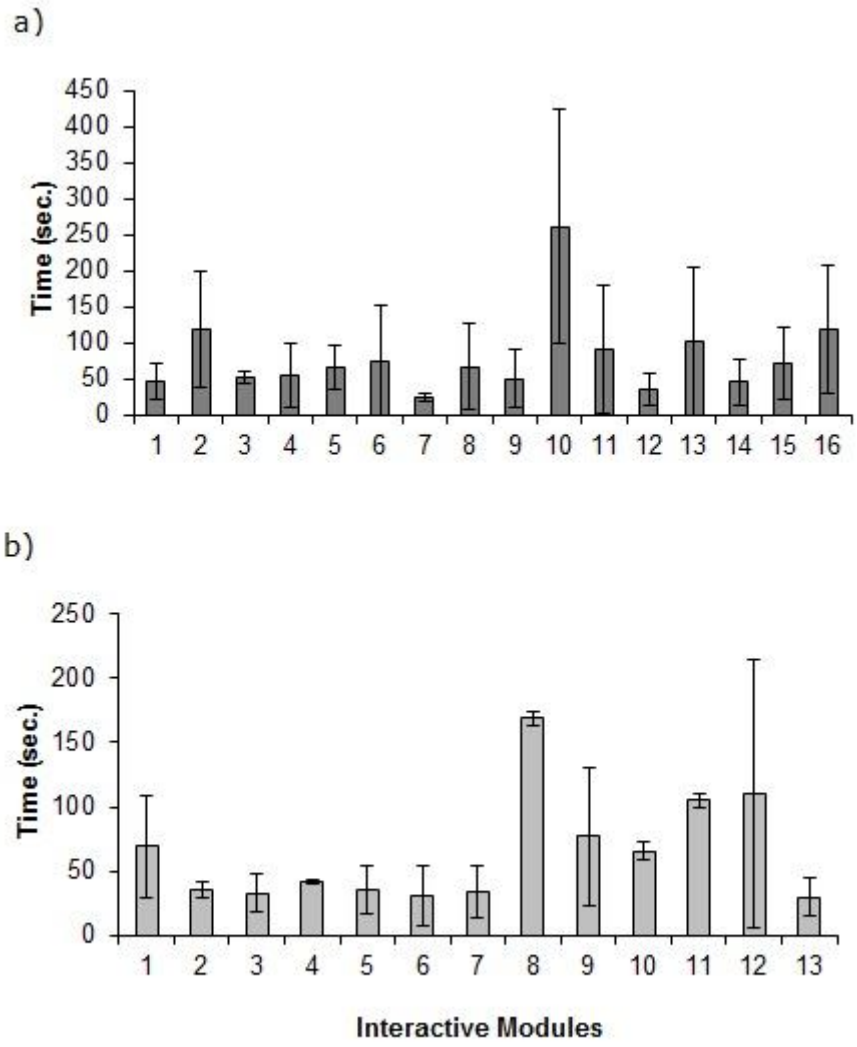


Figure 1.-Average time duration of students' interactions with the modules. a) "Disgusting!"; b) "Explore".

After this introduction, students usually spread out throughout the room, dispersing very rapidly from each other. Once arrived in the exhibit modules area, they usually walked along the exhibition, in small groups or alone, staring at the modules in general until they reached one that seemed to arouse their interest. At this point they used to stay at the module for some time. However, in both exhibitions, students interacted with the modules for very short periods of time, giving the impression that they were "shopping around". Acting this way they visited many modules for very brief periods of time: 50% to 59% of the visits to a module lasted less than one minute and 73% to 90% lasted less than two minutes, in "Disgusting!" and "Explore" exhibitions respectively (Figure 1). Very few modules were visited for longer durations: 7% to 3% of the visits

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

lasted about five minutes or more, in “Disgusting!” and “Explore” exhibitions respectively (Figure 2).

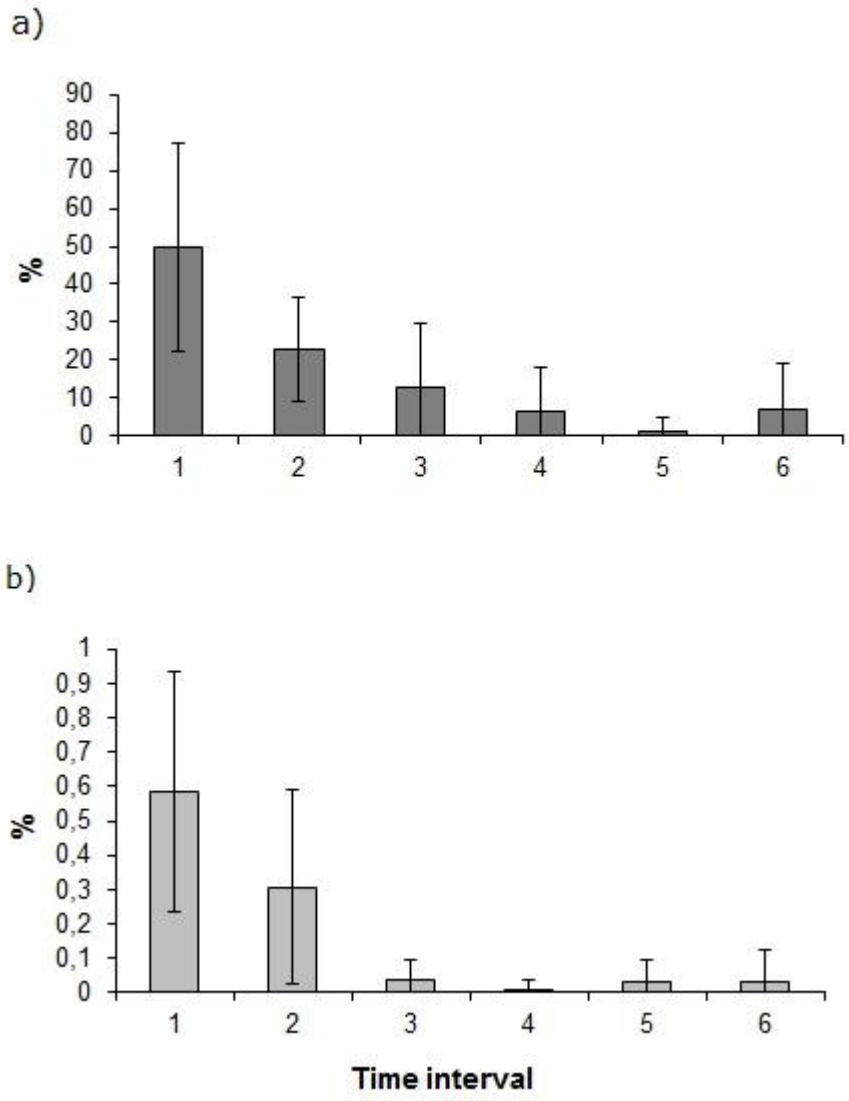


Figure 2.-Average frequency of time intervals (sec.). (1): [1, 60]; (2) [61, 120]; (3) [121, 180]; (4) [181, 240]; (5) [241, 300]; (6) > 300. a) “Disgusting!”; b) “Explore”.

When a student approached a module he/she usually showed one of the following behaviours: he/she looks at the module, without manipulating it (“look”); stays in the vicinity of the module, watching another student manipulating it (“see other”); reads the module instructions (“read”); starts by manipulating the module, without reading the instructions or watching anyone manipulating it (“manipulate directly”); starts by manipulating the module after watching the way another student has just manipulated it (“manipulate after see other”) or after reading the instructions in the module

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

("manipulate after read"); explains to other student how to manipulate the module, after they both have read the instructions or manipulated the module ("explain") (Figure 3).

Students seemed to behave somehow differently in each one of the exhibitions (χ^2=109.47, df=6, p<0.001). In "Disgusting!" the behaviours more frequently observed were "manipulate directly", "look" and "see other". In these cases students almost never showed any attempt to interpret the phenomena under observation in each module, such as, for instance, reading the module information, manipulating after reading, or even manipulating after seeing another visitor doing that. In "Explore", the behaviour "manipulate after read" was more frequently observed, although "manipulate directly" kept a higher frequency. Often students didn't seem to understand how to manipulate the modules. They used to touch in every button they could, and if nothing happened they merely gave up and moved to another module. In most of these cases the modules were poorly handled, and therefore the objectives by which each module was built were not reached. Additionally, the behaviour of explaining to other what they have seen or read was almost never present, although sometimes observed in "Explore" exhibition.

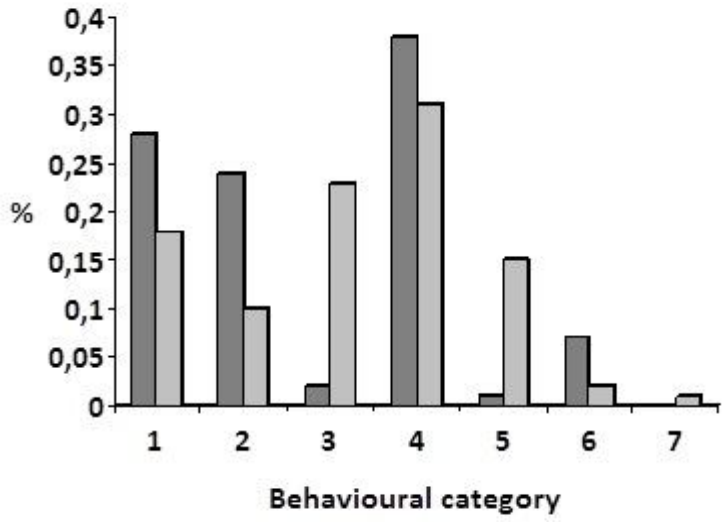


Figure 3.-Relative frequency of each student's behavioural category observed at each exhibition, "Disgusting" (grey) and "Explore" (pale grey). (1) "Look"; (2) "See other"; (3) "Read"; (4) "Manipulate directly"; (5) "Manipulate after read"; (6) "Manipulate after see other"; (7) "Explain".

The sequences of behaviours more frequently performed by students (Table 1 and Table 2) in both exhibitions were: "manipulate directly" or "see other" before giving up and moving to another module, without making an effort to interpret what they had seen by reading the module information (for "Disgusting!": χ^2=309.68, df=20, p<0.001; for "Explore": χ^2=389.58, df=25, p<0.001) (Figure 4).

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

	See other	**Read**	**Manipulate**	**Explain**	**Listen other**	**Give up**
Look	54	5	86		3	63
See other			8			46
Read			3	3		2
Manipulate						100
Listen other			3			

Table 1.-Sequence of behaviours observed in the "Disgusting!" exhibition.

	See other	**Read**	**Manipulate**	**Explain**	**Listen other**	**Give up**
Look		2	68	26	4	70
See other			4			22
Read			40	4		14
Manipulate		12				114
Explain	4					
Listen other			4			

Table 2.-Sequence of behaviours observed in the "Explore" exhibition.

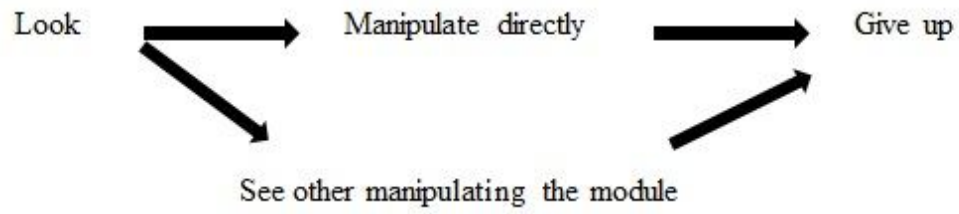


Figure 4.- Sequences of behaviour more frequently performed by students in both exhibitions.

Considering the behaviours differentially observed in each exhibition according to the school grade (Table 3), some differences were registered. While in "Disgusting!" students seemed to behave in the same way, independently of their grades (χ^2=42.61, df=15, $p<0.05$), in "Explore" the younger students appeared to be less active, showing

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

behaviours like "see other" and "look" more frequently, while the older students presented more active behaviours, manipulating the exhibits ("manipulate without see or read", "manipulate after read") (χ^2=211.20, df=12, p<0.001).

The teachers also seemed to behave differently in each exhibition (Figure 5). Indeed, in "Disgusting!" they seemed looking around the exhibition, alone or in pairs, monitoring students' behaviour and reading, apparently at chance, some instructions in the modules. Consequently, teachers' behaviours less frequently observed were those related to manipulation of the modules. Additionally, for 40% of the visit time (sd=0.38, range: 0%-100%, n=12) teachers were not engaged with the visit itself. They kept talking with other teachers or resting in some place of the exhibition. On contrary, in "Explore" teachers were observed manipulating the modules while explaining to students, demonstrating a remarkable "interactive" attitude. Actually, in this exhibition teachers remained not engaged with the school visit for only 9% of the visit time (sd=0.19, range: 0%-50%, n=11).

	"Disgusting!"				**"Explore"**			
	1st grade	2nd grade	3rd grade	Last grade	1st grade	2nd grade	3rd grade	Last grade
Look	9	23	27	11	4	--	40	4
See other	9	8	27	16	16	--	8	2
Read	0	0	5	0	2	--	0	58
Manipulate directly	18	14	43	21	2	--	34	44
Manipulate after read	0	0	3	0	0	--	4	36
Manipulate after see	9	3	2	3	2	--	0	2
Explain	0	0	0	0	2	--	0	2

Table 3.-Frequency of behaviour categories observed according the school grade in each exhibition.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

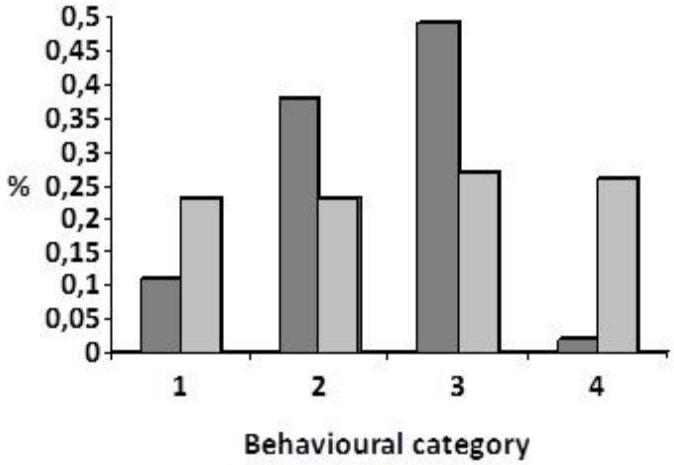


Figure 5.-Relative frequency of each teacher's behavioural category observed at each exhibition, "Disgusting" (grey) and "Explore" (pale grey). (1) Explaining the module to other (2) Reading module instructions; (3) Manipulating the module (4) Seeing a student manipulating the module.

Students' personal interactions also seemed in each exhibition. In "Disgusting!" the majority of the interactions were with other students. It was possible to observe students manipulating some modules in groups of three or four, assuming a "play posture", touching every button they could at the same time. In this exhibition, interactions between students and teachers or students and monitors were almost absent. This kind of interactions occurred only when adults needed to control students' conduct. On contrary, in "Explore", interactions among students and between students and teachers were equally observed. In this exhibition, students and teachers used to call each other attention to a given phenomenon, to ask for an explanation or to explain what they have observed. However, in what concerns interactions with monitors they were also almost never observed.

Finally, considering the analysis of teachers' answers to the questionnaire, all of them valued the exhibitions concerning their interest and relevance for science learning, and gave an overall evaluation of good or very good to all aspects questioned (Table 4). However, concerning the type of contact they had with the science centre prior to the visit, all of them referred that they didn't visit the exhibit previously, neither alone or with the monitors of the centre, as offered by the Institution. Teachers also referred that they didn't visit the webpage of the exhibition, although all of them considered that both aspects would be important for the visit preparation. Their objectives about the school visit were all related with the promotion of students' motivation to learn science having fun when learning and the improvement of scientific knowledge about the topics addressed in both exhibitions.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 11, Nº 3, 582-594 (2012)

What is your evaluation about the exhibition, concerning:	**Average**	**Range**	**SD**
Interest of the thematic	4.74	4-5	0.46
Interactivity of the modules	4.65	4-5	0.48
Adequacy of the modules	4.30	4-5	0.46
Type of information present in the modules	4.69	4-5	0.44
Contribution to development of new knowledge	4.52	4-5	0.49
Complement of school learning	4.48	3-5	0.77
Promotion of willingness to learn more	4.35	4-5	0.48
Promotion of fun	4.62	4-5	0.48

Table 4.-Teachers' evaluation of the exhibition (n=23).

Discussion

The results in this study showed that students behaved differently in each exhibition. In the temporary exhibition it seems that the interpretation of the phenomena under observation was not concretized by the majority of the students, since they manipulated the exhibits without even read the instructions and information in the modules (performing a "blind" manipulation). They seemed "to play" with the exhibits in an unstructured and unreflective way, whatever their age. In the permanent exhibition especially the older students, seemed very interested in interpreting the results of their manipulations because they used to read not only the instructions for manipulation but also the explanations offered in the exhibit. Besides, the behaviour of "explaining" to others was also observed in this exhibition, which may be an indicator of some degree of interactions among students that were not merely of playing nature but resulted in learning.

Although in this work it is not possible to establish with certainty a direct correlation between students' and teachers' behaviour, the results obtained suggested a possible relation between them. In fact, teachers also behaved differently in both exhibitions. While in "Disgusting!" they almost never interacted, neither with students or with the exhibits, remaining many times even unaware of what their students were doing during the visit, in "Explore" they presented a much more active behaviour, interacting both with students and the exhibits and staying focused in the visit for almost all the time.

According to many studies, teachers' personal interest in the exhibitions appears to be important for students' behaviour. Jarvis and Pell (2005) have stressed that teachers' enthusiasm and enjoyment, which usually is clearly evident to students, seemed to help promoting and establishing students' attitude gains. Indeed, students' attitudes tend to mirror their teachers' attitude (e.g. Price & Hein, 1991; Griffin & Symington, 1997).

The different behaviour of the teachers observed in this work could be derived from the fact that "Explore" is a permanent exhibition, allowing teachers a greater familiarity with the exhibits due to school visits in previous years, since none of them have made any effort to visit any of the exhibitions prior to the school visits itself. Numerous studies (e.g. Price & Hein, 1991; Woolard & Pontin, 2000) have already highlighted the importance for increasing teachers' enthusiasm and engagement in pre-visit orientation, getting some input into the design of the exhibits. Indeed, according to Griffin and Symington (1997), besides management concerns, teachers usually feel intimidated when they take classes to science centres because of their unfamiliarity with the place and modules functioning, not knowing where to go, and being asked questions they cannot answer. Teachers who made a prior visit to the institution were clearly more confident about taking their groups to the appropriate exhibits (Jarvis & Pell, 2005). Moreover, this greater involvement seems to affect both teacher and student attitudes, discipline, interest, willingness to help and carryover to school (Price & Hein, 1991).

Teachers are well situated to meet challenges and capitalize on the opportunities inherent to non-formal environments, making the adequate bridge between learners' knowledge and understandings. To exploit these opportunities, it is crucial that, as part of their planning and implementation, teachers should listen to and actively seek to explore students' accounts of their responses to the museum and science centre and its exhibits (Anderson et al, 2003).

Learning in this type of environment doesn't seem to occur only or perhaps even primarily as a result of the interaction between individual visitors and the exhibits. There is substantial evidence that social interactions between visitors may be important in stimulating learning (Diamond, 1986). Jarvis and Pell (2005) suggested that teachers should provide open-ended tasks to be carried out by their students at the science centre, that require observation, discussion and deduction, creating mechanisms for students to search information and to interact with peers, whereas interacting with modules, as a way to support and value appropriate play with the exhibits, while promoting social interactions directed to the understanding of the science topics under observation. Moreover, the results obtained in this work suggested that to optimize students' attitudinal and cognitive gains, teachers should assume an active role during the visit, calling students' attention to a given phenomenon, asking them to explain the phenomena under observation, providing support and "scaffolding" between students' existing concepts and the exhibits.

To assure this kind of active involvement on the part of teachers it seems to be urgent to help them understanding their own role as promoters of students' engagement during

the school visit. Pre-service and in-service teacher education courses could, and should, provide teachers with the support necessary to achieve this goal (MacLeod & Keistead, 1990; Forber, 1993; Chin, 2004). According to Chin (2004), one way could be the design of a science teacher course in close connection with a science museum, in which participants can do several visits, can discuss different aspects of the exhibitions with museum educators, and can develop and implement lesson plans to be developed in the museum setting, based on selected teaching topics. This type of experience would help teachers to acquire more in-depth knowledge about the connections between the museum resources and school science, to gain deep consciousness about the importance of knowing the museum resources before planning their school visit, and so to become a very much more active participant during their own school visits.

Acknowledgements

C. Faria was supported by a grant from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BPD/26939/2006).

References

Anderson, D.; Lucas, K. & I.S. Ginns (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting in an informal setting. *Journal of Research on Science Teaching*, 40, 2, 177-199.

Bell, P.; Lewenstein, B.; Shouse, A.W. & M.A. Feder (2009). *Learning science in informal environments: people, places and pursuits*. Committee on learning science in informal environments, National Research Council. Washington: National Academies Press.

Chin, C.-C. (2004). Museum experience-a resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 63-90.

Diamond, J. (1986). The behavior of family groups in science museums. *Curator*, 29, 2, 139-154.

Falk, J.H. & L.D. Dierking (2000). *Learning from museums: visitors experiences and their making of meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

Forber, D. (1993). The management of the museum as a teaching resource. *Learning Resource Journal, 9*, 2, 32–34.

Germann, P.J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 689-703.

Griffin, J. & D. Symington (1997). Moving from task-oriented to learning oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81, 763-779.

Hofstein, A. & S. Rosenfeld (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education,* 28, 87-112.

Jarvis, T. & A. Pell (2004). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Center. *Journal of Research in Science Teaching,* 42, 1, 53-83.

Kisiel, J. (2006). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a Natural History Museum. *Science Education,* 90, 434-452.

Kubota, C.A. & R.G. Olstad (1991). Effects of novelty reducing preparation on exploratory behaviour and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science teaching,* 28, 225–234.

MacLeod, B. & M. Keistead (1990). Museums and schools: partnership in education. *Museum Quarterly,* 18, 3, 17-22.

Paris, S. G.; Yambor, K. M. & B. Packard (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal,* 98, 3, 267–289.

Pedretti, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education,* 37, 1-42.

Price, S. & G.E. Hein (1991). More than a field trip: science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education,* 13, 5, 505-519.

Ramey-Gassert, L.; Walberg, H.J. III. & H.J. Walberg (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education,* 78, 345–363.

Rennie, L.J. (1994). Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. *Research in Science Education,* 24, 261–269.

Rennie, L.J. & T.P. McClafferty (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education,* 27, 53–98.

Sandifer, C. (1997). Time-based behaviors at an interactive science museum: exploring the differences between weekday/weekend and family/nonfamily visitors. *Science Education,* 81, 689–701

Tal, T. & O. Morag (2007). School visits to Natural History Museums: teaching or enriching?. *Journal of Research in Science Teaching,* 44, 5, 747-769.

Wolins, I.S.; Jensen, N. & R. Ulzheimer (1992). Children's memories of museum field trips: A qualitative study. *Journal of Museum Education,* 17, 17–27.

Woollard, V. & K. Pontin (2000). Museum and galleries INSET: teachers' attitudes and priorities. *Journal of Education in Museums,* 21, 3-7.

International Journal of Science Education, Part B (2012), 1–16, iFirstArticle

Investigating school guided-visits to an Aquarium: what roles for science teachers?

Cláudia Faria and Isabel Chagas

Institute of Education, University of Lisbon, Portugal
cbfaria@ie.ul.pt

Abstract

The main objective of the present study is to understand the learning agendas held by teachers for engaging in guided-tours to science museums. The study focused on: students' and teachers' behaviour during school guided-visits to an Aquarium; students and teachers' perspectives about this type of school visits; and understanding the reasons held by teachers to engage in a guided-tour to a science museum. Direct observations of 39 guided-tours were performed in order to describe the structure of the visit and participants' behaviour. A questionnaire was applied to 145 teachers and 191 students, after the visit, in order to describe their perspectives about the visit, and an online questionnaire was applied to a sample of 11 teachers in order to understand their major ideas about school visits to science museums. Data analysis showed that the guided-visits, although well evaluated by both students and teachers, were mainly guide-directed and lecture-oriented, with students and teachers having very little choice and control over the learning agenda. Moreover, teachers showed a very passive role during the visit, and reported limited plans for preparation and follow-up activities that would support the visit. Despite this scenario, teachers inquired preferred guided-visits instead of non-guided visits, recognizing museum especial potentialities for learning. It is discussed the possible role of teachers to make the necessary connection between guided-tours and school science, helping to bridge school curriculum, museum content and student inquiries.

Running-head: School guided-visits: the teachers' roles

Introduction

There is a worldwide consensus that modern societies need scientifically literate citizens (EC, 2007; Osborne & Dillon, 2008). Citizens' scientific literacy enhances the understanding of science, provides competences needed in everyday life, develops a climate for public decision-making based on arguments, and establishes the fundaments for more science-oriented career choices (Holbrook & Rannikmae, 2002; OECD, 2006). In order to accomplish the development of active citizens, involved in present and relevant scientific issues, it is essential to develop innovative science teaching approaches, that is inquiry and problem-based activities, more effective in increasing students' interest in science and in promoting the use of intellectual skills, curiosity, critical thinking, and reflection in addition to knowledge acquisition and the use of a range of complementary skills, such as autonomy, collaborative and communication ones (Osborne & Dillon, 2008).

However, according to international reports (e.g. EC, 2007; OECD, 2006), in most European countries present science teaching practices do not follow this approach since traditional formal science education approaches that have been developed in our schools seem to have affected negatively the development of students' positive attitudes

towards science learning. According to these reports, in order to reverse the situation, it is important to encourage collaborative actions involving both formal and non-formal education stakeholders, aimed at accelerating the pace of change by know-how sharing. School science agenda must extend beyond the walls of the school to the resources of the community.

Certainly, science museums can contribute greatly to the science literacy goals stated above. The mission of non-formal institutions is to support public engagement with science, contributing to the development of a scientifically literate public, and although the work with schools constitutes only a part of this broader mission it is, nevertheless, a critical part. Science museums have potential advantages in which concerns nurturing curiosity, improving motivation and positive attitudes towards science, and generating a sense of wonder, interest and enthusiasm to learn (Anderson, Lucas & Ginns, 2003; Falk & Dierking, 2000; Ramey-Gassert, Walberg & Walberg, 1994). These institutions are learner-centered enabling self-regulated and situated learning as well as peers active involvement in social interactions (Bell, Lewenstein, Shouse & Feder, 2009; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Ramey-Gassert et al., 1994). The learning environments they generate are ideal to promote active science learning, in which students are engaged in inquiry and problem-solving while investigating and experiencing science, technology and society relationships (Bybee, 2001; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Jarvis & Pell, 2005). The association of scientific thinking with engaging, enjoyable events and real-world outcomes can create important connections on a personal level (Bell et al., 2009) with an impact in science learning. In this sense, non-formal settings occupy an important and distinctive place in science learning, presenting strengths that are unique and complementary to the strengths of schools (Bell et al., 2009; Jarvis & Pell, 2005; Ramey-Gassert et al., 1994).

However, years of research indicate that school visits to science museums are often conducted in a manner that does not maximize the learning opportunities they could afford. In general, there is little or no preparation or follow-up to the visit, in spite of the fact that many studies have shown that these aspects generally improve the learning potential of a school fieldtrip (Griffin, 2004; Kisiel, 2006; Kubota & Olstad, 1991). Moreover, strategies appropriate to a formal setting are often imposed on museums (Griffin, 2004), in spite of the studies showing that the resemblance of museum lessons to school lessons, without considering the unique learning opportunities that museums offer, are an obstacle to nurturing interests in science and learning (e.g. Tran, 2006). According to DeWitt & Osborne (2007), the current perspective of many museum educators, supported by the data reported in the literature, is that although science centers and museums are important resources for learning, there still exists a need to improve the way that teachers utilize these learning institutions. The gap between school-based and museum-based activities seems to be a major impediment to students' learning in a visit. How to close this gap in order to effectively link formal and non-formal learning experiences, enhancing the learning of science is a current issue in science education research (Bell et al. 2009; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Tal & Morag 2007).

The purposes of the study were: i) to analyse the behaviour of students and teachers during guided school-visits to an Aquarium; ii) to describe the perspectives of both students and teachers about guided-school visits; iii) to identify the reasons held by teachers for engaging in guided-tours to science museums with their students.

It is assumed that the fulfilment of these purposes will contribute for the understanding of the learning agendas, i.e. their learning intentions and intended

outcomes for the school visit, held by teachers to engage in guided-tours to science museums and other non-formal science education institutions such as zoos and aquariums, and consequently for a comprehension of what facilitates closing the gap between formal and non formal science education.

Methods

Exhibition context

The study was conducted in an Aquarium located in Lisbon (Portugal). Two types of school-visits are possible. Non-guided school visits, in which teachers take the responsibility for monitoring and guiding students during the visit. In this case, teachers are encouraged to prepare the visit in advance, either contacting the educational service of the aquarium, or consulting the information available in the website. Guided school-visits, in which an aquarium guide conducts the group throughout the tour centered on a specific thematic, according to the students' school grade. In general the guided-tour includes a visit to the live-exhibition of the aquarium and the visualization of a small multimedia presentation centered on the thematic of the visit. The guided-visits last about one hour.

Data collection

The study focused on the behaviour of students and teachers while doing school guided-visits to the Aquarium. Non-participant and structured observation was a major data collection procedure. First, *ab libitum* observations were carried out in order to identify the type of behaviours each participant (student, teacher, and guide) could perform and to establish the observation protocol to be followed in observation sessions. Secondly, structured observations took place according to the protocol previously designed.

At the beginning of a school visit, when a group first entered the Aquarium, the observer used to join the group and initiate an observation session. In each observation session, the observer conducted a continuous recording from the beginning until the end of the visit, in order to describe the behaviour of all participants during the tour (student, teacher and guide) and to record the scientific content of the tour. All types of interactions that took place (student-student, student-teacher, student-guide and teacher-guide) during each visit were recorded. Additionally, every 5 minutes a scan was performed, in order to record the relative position of each student and teacher in relation to the guide's position as well as to register the type of involvement of each student (giving attention to the guide; observing other aquaria, playing with others) in relation to the exhibits.

In order to know how teachers and students appraised the guided-tours a questionnaire was given to each teacher and student at the end of all guided-visits that occurred during the study period (six months), regardless of the group was accompanied by the observer or not. Moreover, in order to gain a deep understanding of teachers' ideas about school visits to science museums, we complemented the data collected with an online questionnaire that was applied only to teachers who agreed to collaborate with the research and provided their e-mail contact.

The purpose of the students' questionnaire was to describe their opinion about the interest of the visit, in terms of the scientific subjects covered by the tour guide in connection with school work, the promotion of scientific understanding and their enjoyment with the visit (five yes/no questions). Additionally, they were asked to give suggestions in order to improve the visit (four open questions) and they were asked to make a global evaluation of the visit (five likert scale, from very bad to very good). The

International Journal of Science Education, Part B (2012), 1–16, iFirstArticle

main objective of the teachers' questionnaire was to get their appreciation about the quality of the visit concerning the topic presented and the strategies used by the tour guide in order to promote students' learning (five likert scale, from very bad to very good). The questionnaire also included items about the objectives of the school visit, the pedagogical value of the tour and its suitability for the students, teachers' working plans concerning the integration of the visit in the school work (pre- and post-visit activities) (multiple choice questions) and an item for teachers to give suggestions for the improvement of the visit (open question). In the online teachers were asked about their opinion concerning the role of science museums in science learning, namely their potentialities for the development of competences, to contrast the non-guided with guided visits, and to explain if and how they establish any connection between school work and museum learning questionnaire (ten open questions).

Sample

A total of 39 guided-tours were observed: 13 for grades 1 to 4, 12 for grades 5 to 6, two for grades 7 to 9, and two for grades 10 to 12. The teachers' questionnaire was applied to 145 teachers: 17 kindergarten, 63 elementary, 40 middle, 10 low secondary (grades 7 to 9) and 15 high secondary (grades 10 to 12). From this sample, 11 teachers accepted to answer to the online questionnaire: five were teaching grades 1 to 4, five were teaching grades 5 to 6, and one was a secondary teacher. The students' questionnaire was applied to 191 students (100 males and 91 females): 114 elementary, 59 middle, two low secondary, 14 high secondary.

Results

The results are organized in two sections: analysis of data related with the observations made and data related with the questionnaire analysis. In the first section, we analysed the behaviour of students and teachers during a guided school-visits to the Aquarium (first objective) and in the second one, we described the perspectives of both students and teachers about the guided-school visits (second objective) and identified the reasons held by teachers for engaging in guided-tours to science museums with their students (third objective).

Observation data

Structure of the guided tour

A usual guided-tour was a structured, guide-directed experience in which students, teachers and guide moved together as a whole group. The vignette bellow provides a description of a tour based on observation data collected from a tour with elementary school students, focused on the thematic "The diversity of life".

Vignette: Twenty-three students and two teachers arrive at 9:45 a.m. for the 10:00 a.m. tour. At 10:00 a.m. students enter the Aquarium hall, where guide M. introduces herself. She gives students some guidance about the rules of conduct during the visit, such as staying together throughout the tour, ask questions one at a time and not making too much noise during the tour. She tells the students, "I will give you information about the aquarium but I will also give you some time to touch when possible and to see all animals." She leads the group to the tank of the marine turtles and she asks a variety of questions about turtles: "what do we have here?", "do you think they are marine or freshwater?" She calls students' attention to the morphology of the turtles and attempts to relate it with their functions. She also asks students "how do you think the turtles

breathe?" Students ask some questions related with the food turtles eat and reproduction. Both teachers are distracted. The group moves to the freshwater gallery to see some river fish. The guide asks students to observe one group of fish and to tell "the position of the eyes and mouth" and relates it with the fact that they eat insects. After about 15min, they walk to the Portuguese marine fauna gallery. The guide asks "what is the difference between the ocean and the rivers?" and "is the water in Portugal cold or hot?" Teachers remain distracted, talking to each other. The group sees some marine fish typical of the Portuguese coast and stops in front of an aquarium with sea stars. The guide asks "what do you think? A sea star is a plant or an animal?" Some students answer that they are plants. The guide explains what a sea star is, and one student asks if they have eyes. After that, one of the students who saw a jellyfish asks if it is a plant or an animal. While watching the tank for some time a flatfish is seen and the guide asks "why it is flat?" Many students answer that they are flat to camouflage in the sand. The guide moves to another tank with the group, but four students are left behind. One of the teachers picks them. The guide asks: "What do we have here besides fish?" Students discover a spider crab. The guide asks students to observe the shell of this animal and tell if it is smooth or rough, and talks about its camouflage with algae. In another tank, the guide asks "what is the name of a group of fish?", "why do you thing they live in groups?" and so on. Students begin to get restless (10:30 a.m.) and the guide has to ask them to pay attention. The group continues moving along different aquaria, toward the tropical gallery, observing the organisms and talking about them, about their morphology and colors, asking and answering questions such as: "what does the fish use to swim?", "why there is a spot like an eye in the back of that fish?", "why fish change colors?", and so on. Teachers remain distracted, standing many times outside the group. After a while, students begin to talk to each other loudly and one of the teachers tells them to keep quiet. At 10:45 the group moves to two touch tanks, one representing a sand beach and one representing a rocky beach. At this place, the guide separates the group in two smaller ones and asks students to observe the animals in each tank, to touch some of the animals, and to answer to some questions, such as in which tank there is a higher diversity of animals, the reason for that and so on. Students are very excited because they can get their hands into the water and they talk very loudly. Teachers are now very focused on controlling students' behavior. At 11:00 the guide leads teachers and students to a brief media presentation about the specimens seen during the visit.

Analysis of the tours

All tours observed (n=39) were guide-focused, lecture-oriented, and often patterned with guide providing content information, guide asking some questions, and then group moving to another area. Analysis of observation data revealed the following:

- Tours focused on facts or stories rather than in big ideas or concepts. Guides guide students throughout the exhibit highlighting different facts related to the specimens.
- Closed and/or factual questions that do not require complex answers from students were usually observed. Questions were asked without follow-up, elaboration or probe.
- The scientific vocabulary used during the tours seemed adequate to students' age.

Concerning the interactions observed during the tours, there were an average of 60 interactions observed per tour (SD=18.72, range: 15-98), from which the majority of them were interactions of the guide directed to students (average=67%, SD=20.89, range: 22%-95% considering all interactions observed in the tour). Students and

teachers showed very few interactions (Students: average=17%, SD=13.32, range: 0%-49% considering all interactions observed in the tour; teachers: average=16%, SD=11.67, range: 0%-48% considering all interactions observed in the tour), assuming a very passive role during the tour.

In relation to the type of interaction observed, the majority of the guides' interactions were related with the thematic of the tour, for instance, asking questions about the biology of the specimens observed, although there were also some few interventions related with disciplinary aspects (about 20% of the guides' interactions). On contrary, teachers seemed to intervene only for disciplinary reasons (63% to 100% of all teachers' interactions). In only one of the tours observed, the teacher asked questions to students, related with what they were observing ("how can fish swim?", "observe the different colors of fish"), or making connections with some aspect already studied in science classes ("do you remember what we've talked in class about that?"). In this tour, students seemed very engaged with the visit, taking a lot of notes, paying attention and always keeping track of the group. However, in the majority of the tours observed, teachers seemed very distracted about the visit, talking to each other or watching tanks or exhibits other than the ones the group was observing. In only two of the visits, the respective teacher was observed taking notes during the tour.

The majority of the students' interventions were directed to the guide, asking questions related with the specimens observed (72% to 100% of all the students' interactions). The students never or almost never interacted with peers about the topics studied in the tour, except for playing purposes. With the exception of the first 10 or 15 minutes of the tour there were always two or three students playing with each other. This number usually increased along the tour, reaching its larger number (nine to ten students) at about the middle of the tour (30 to 40 minutes), and decreasing until the end. In only 18 times, students were observed calling the others attention to what they were watching, and only in three times, different students in different tours were observed explaining to other colleagues something about the specimens they were watching.

Questionnaire analysis

Teachers' perspective

The analysis of the answers to the teachers' questionnaire (n=145) revealed that the main objectives given by teachers for the school visit to Aquarium were:

- Raising awareness about nature and life beings
- Contact with reality, observing different aquatic organisms integrated in their habitat
- Consolidate knowledge
- Provide opportunities to extend knowledge
- Promote different ways of learning
- Promotion of scientific culture
- Raising interest in natural sciences
- Raising interest for research

Globally, the majority of teachers (96%) considered the thematic interesting, allowing the acquisition of new knowledge (97%), working as a complement to the school learning (97%) and promoting students' motivation to learn more (97%). Additionally, they considered the visit enjoyable (85%), with an adequate duration (95%) and the language used by the guide adequate for students' age (99%).

In which concerns the integration of the visit in school work, 81% of teachers answered positively to the question "the visit was previously prepared with students" and 88% stated their intention to carry out a strategy for students' assessment after the visit. Such a strategy may be a debate (38%) or a written assignment (36%). In the case of lower grades, students' assessment may involve the use and interpretation of illustrations or any kind of arts work (less than 11% of respondents).

Teachers suggested three types of improvements concerning the visits: i) logistics – related with the need to improve the information in the textboxes of the exhibits, to get a better accessibility of aquaria (too high for younger students), and the reduction of the number of students in each group; ii) complementary materials – involving the need for such kind of materials provided by the institution, like some scientific-didactic resources (e.g. books, models, videos); iii) resources specifically related with the visit itself – increasing the direct contact with organism artifacts (like shells, fish scales), increasing the interactivity of the exhibits, promoting exploration games at the end of the visit and providing observation recording-sheets to complete during the visit.

Regarding the online questionnaire (n=11), all teachers inquired stated that science museums should function as a complement to school learning, instead of overlapping scientific knowledge or being independent. Only one of the teachers pointed out the possibility of these institutions to serve as a starting point for new learning in school (observation – research new things – build new learning). Every respondent indicated that they usually organize school visits to science museums. When asked about what they think science museums have as unique in relation to schools, they referred the following aspects:

- Allow the contact with reality (6 teachers).
- Promote the consolidation of school learning through the observation of phenomena (5 teachers).
- Allow the possibility of doing experiments (3 teachers).
- Have different and diverse resources (2 teachers).
- Enable the exploration of aspects related with the history of science and the evolution of knowledge (2 teachers).
- Allow learning through play (1 teacher).
- Encourage to go beyond school learning (1 teacher).
- Promote equal access to knowledge (2 teachers).

Teachers emphasized the following competences as relevant for their students to develop while in a visit to a science museum: the acquisition of a deep understanding of reality (6 teachers), the capacity to mobilize cultural, scientific and technological knowledge in order to understand reality and everyday problems (2 teachers), and the promotion of science skills, including observation (1 teacher), curiosity (2 teachers), critical thinking (2 teachers), to do research as a way to learn more (1 teacher), and be updated (1 teacher).

The eleven teachers who answered to the online questionnaire preferred the guided-visits in relation to the non-guided ones. The reasons they gave were related with the guides' sound knowledge about the thematic, in contrast with the teacher, promoting a deeper learning (7 teachers), with the fact that students keep themselves more interested and focused on visits because they are guided by someone who is not the teacher (4 teachers), and because of the better organization of the group during the visit (2 teachers). As negative issues of the guided-visit, teachers pointed out aspects

mainly related with the way the tour guide conducts the visit, such as the low adequacy of the language used or the level of knowledge required regarding students' age (5 teachers), the lack of the guide's motivation (3 teachers), or the lack of pedagogical skills (1 teacher). One of the teachers even referred that guides should know the school science curriculum so they could explore the science content of the visit in a similar way as in school. Only one of the teachers claimed that non-guided visits, in contrast with the guided-ones, promote a greater flexibility for students to explore the museum.

When asked about how they use to plan the visit and prepare the students for the visit, eight teachers answered that they plan the visit according to the science content explored in class, and the other three mentioned they plan the visit based on a thematic proposed by students. In which regards students' preparation for the visit, they all mentioned activities related to what is offered by the institution, and additionally the discussion of students' expectations (2 teachers), the explanation of the objectives of the visit (1 teacher), the preparation of a handout to fulfill during the visit (1 teacher). Only one teacher referred that she usually prepares the visit with students (what they want to know, what they should observe, and so on). Concerning the follow-up activities, and similarly to the teachers' answers to the questionnaire administrated at the end of the visit in the Aquarium, the majority referred that after the visit they assess students' acquisitions using different strategies, namely, a presentation to the class (with the aid of a poster, drawings or photographies) (5 teachers), a debate (3 teachers), a report of the visit (3 teachers). Only one of the teachers referred that she usually discusses with students what they have learned with the visit, what they want to know yet and what would be the next step to learn more.

Students' perspective

The overall results of the students' questionnaire (n=191) revealed a very positive appreciation of the guided-visits by students. 97% of the students assigned a final evaluation of "Good" or "Very Good" to the visit as a whole (80% of students rated it as Very Good). Furthermore, the majority (98%) enjoyed the visit, and considered they had learned new knowledge and become motivate to learn more. In addition, 95% of the students considered that the visit promoted a better understanding of scientific knowledge related with the thematic. Students highlighted the opportunity to observe real organisms and to learn special aspects about their life as the aspects they liked most in the visit. Older students demonstrated slightly different ideas at this respect. Only 75 to 88% of them agreed with the statement that the visit promoted new learning and the willingness to learn more. Regarding the relationship of the science content covered in the visit with the content studied in the classroom, students (29%) considered that they are not related. This idea of no relation between the visit and school was even more pronounced in elementary students (45% disagreed). As negative aspects, the majority of them reported the inadequate dimension of the groups (too large) that hinders the observation of aquaria.

As suggestions regarding the improvement of the visits, students referred aspects mainly related with their autonomy during the visit, specifically more time to observe the aquaria, time to walk alone in the Aquarium halls, possibility to play games during the visit while moving alone observing the organisms, and to play a game at the end of the visit about what they have learned during the visit.

International Journal of Science Education, Part B (2012), 1–16, iFirstArticle

Discussion

The results of this study showed that the guided-visits analysed, although well evaluated by both students and teachers, were mainly guide-directed and lecture-oriented, providing limited interactions among teacher, students and even the museum resources. Moreover, teachers usually assume a very passive role during the visit, becoming mere spectators, and intervening only when needed for disciplinary reasons. In this kind of visit, both students and teachers seemed to have very little choice and control over their learning agenda. Regardless this scenario, teachers inquired in this study preferred guided-visits instead of non-guided ones, despite the fact that guided tours have a more rigid format than the non-guided ones. The main reasons they gave were related on one hand, with the idea that museum guides have deeper knowledge about the thematic approached in the exhibitions, and on the other hand with issues related with the way the visit takes place, namely the fact that students remain focused and more interested in the visit when they are not guided by the teacher. A possible explanation is given by Griffin and Symington (1997) that besides management concerns of losing children, teachers in general feel intimidated when they take classes to museums and science centres because they usually feel they don't have control about the thematic under consideration in the visit.

However, according to many authors (e.g. Bell et al., 2009; Falk & Dierking, 2000; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Ramey-Gassert et al., 1994) visitor choice and control are important aspects of the museum-learning context – new knowledge is selected and tailored by the interests, prior knowledge, and expectations of visitors. According to Paris, Yambor and Packard (1998, p. 271) museums are environments that provide key conditions for visitors to "construct personal meaning, have genuine choices, encounter challenging tasks, take control over their own learning, collaborate with others, and feel positive about their efforts".

During a school guided-visit, however, in particular in those observed in this study, choices are typically taken for students and not with students although they are considered the learners in the visit. Moreover, a lack of connections to the classroom curriculum was noted. Teachers reported limited plans for preparation and follow-up activities that would support the visit, although they all described plans to briefly discuss them in classroom. All these aspects, especially when they involve the integration of learning in the school and in the museum, would provide opportunities for students' involvement and consequently could improve the chances of learning (Griffin, 2004).

According to Cox-Peterson, Marsh, Kisiel and Melber (2003), there are pedagogical standards for a guided tour environment, namely: (a) meeting the interests and experiences of the students, (b) focusing and supporting students' inquiries, (c) challenging students to accept responsibility for their own learning, (d) encouraging discourse among students about scientific ideas. Probably, teachers are the key to make this link between guided-tours and school science, helping to bridge connections among school curriculum, museum content and student inquiries. They could perform a more active role during the visit, using, for instances, collaborative strategies, such as facilitation (when teachers allow students to direct their own explorations, while providing questions that facilitate the process), interpretation (when teachers direct students' attention toward a particular display) and label reading, which in turn would give students a much more active role in the learning process (Cox-Peterson et al., 2003).

Falk & Dierking (2000) and Griffin (2004) describe three contexts which they consider fundamental for museum learning: choice, control and social collaboration. Students need time to talk and explore, thereby time for personal reflection and connections, and acknowledgement of the personal context of the visit. Small group activities provide social interactions among teachers, students and the guide, thereby enhancing the socio-cultural context of the visit. Time is also needed for students to become acquainted with and explore the physical aspects of the exhibits in greater depth (Cox-Peterson et al., 2003). The focused questions and activities should help bridge connections between the formal science curriculum and the unique resources and exhibits of the museum. Interestingly, students' expectations in this work about school visits seemed to be in harmony with these pedagogical principals, highlighting the need to have more autonomy and more time during the visit to decide and explore for their own the specimens present in aquaria.

Finally, all teachers in this study recognized that science museums have unique features in relation to school that can be explored, namely an easier connection with the real world, and an engaging and enjoyable way to encourage and promote the mobilization of cultural, scientific and technological knowledge in order to understand reality. According to Bell et al. (2009), a key educational challenge for science museums is to link emotional and sensory responses with science-specific phenomena. Associating scientific thinking with engaging and enjoyable events and real-world outcomes can create important connections on a personal level.

Final Remarks

Teachers' agenda for the exploration of non formal educational resources such as museums and science centers, according to the results of this study, seem very meager taking into account the potentialities of non formal approaches for students' science learning and the perspectives and positive attitudes of both teachers and students toward their use as a complement and enhancement of formal strategies in the classroom.

The discomfort shown by teachers with regard to their scientific preparation on the issues discussed during the visit, the absence of a suitable planning of the visit itself including pre and post tasks framed in the topics under study in science classes, and teachers' alternative conceptions regarding the role of non formal institutions claim for up-to-date and appropriate both initial and in-service science teacher education programs about bridging the gap between formal and non-formal education.

Since museums have special environments and resources that are unavailable elsewhere, science museum and school staffs need to review their practices and introduce more student-centered approaches that allow more active learning and choice opportunities, in order to meet science education new trends (Tal & Morag, 2007; MacLeod & Keistead, 1990). By strengthening school science, these institutions contribute towards the creation of a more interested and receptive audience for future and lifelong science learning, playing an important role in the reform of science education nationally (Chin, 2004). However, to achieve success in this mission is crucial to reinforce the collaboration between the non-formal science institutions and the formal educational system.

Acknowledgements

The author was supported by a grant from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BPD/26939/2006).

References

Anderson, D., Lucas, K.B. & Ginns, I.S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 177-199.

Bell, P.; Lewenstein, B.; Shouse, A.W. & Feder, M.A. (2009). *Learning science in informal environments: people, places and pursuits. Committee on learning science in informal environments, National Research Council*. Washington: National Academies Press.

Bybee, R.W. (2001). Achieving scientific literacy: strategies for ensuring that free-choice science education complements national formal science education efforts. In J.H. Falk (Ed.), *Free choice science education, how we learn science outside of school* (pp 44-63). New York: Teachers College Press.

Chin, C.-C. (2004). Museum Experience - A Resource for Science Teacher Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 63–90

Cox_Peterson, A.M.; Marsh, D.D., Kisiel, J. & Melber, L.M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 200-218.

DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685–710.

European Commission (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.

Griffin, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking Closely at the Students in School Groups. *Science Education*, 88 (suppl.1), S59–S70

Griffin, J. & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81, 763-779.

Falk, J.H. & Dierking, L.D. (2000). *Learning from Museums: Visitors Experiences and their Making of Meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

Hofstein, A. & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28, 87-112.

Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2002). Scientific and Technological Literacy for All–an Important Philosophy for the teaching of Science Subjects. In K.Ninisto, H. Kulemulk, L. Kemppinen (Eds.), *Developing Teacher Education in Estonia*. Finland: University of Turku

Jarvis, T. & Pell, A. (2004). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Center (2004). *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 53-83.

Kisiel, J. (2006). An Examination of Fieldtrip Strategies and their Implementation within a Natural History Museum. *Science Education*, 90, 434–452

Kubota, C., Olstad, R. (1991). Effects of Novelty-Reducing Preparation on Exploratory Behavior and Cognitive Learning in a Science Museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 225–234

MacLeod, B. & Keistead, M. (1990). Museums and schools: partnership in education. *Museum Quarterly*, 18(3), 17-22.

OECD (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*. Policy Report. OECD

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. King's College London: The Nuffield Foundation.

Paris, S. G., Yambor, K. M. & Packard, B. (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal*, 98(3), 267–289.

Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J. III & Walberg, H.J. (1994). Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments. *Science Education*, 78, 345–363.

Tal, T. & Morag, O. (2007). School Visits to Natural History Museums: Teaching or Enriching? *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 747–769

Tran, L.U. (2006). Teaching science in museums: the pedagogy and goals of museum educators. *Science Education*, 91, 278-297.

Electronic Journal of Science Education (*in press*).

A science teacher education course in a science centre: a successful strategy to empower teachers to master museum resources exploration?

Cláudia Faria [(1)], Isabel Chagas[(1)], Adelina Machado[(2)], João Sousa[(2)]

[(1)] Institute of Education, University of Lisbon, Portugal
[(2)] Science Centre of Sintra, Ciência Viva, Sintra, Portugal
cbfaria@ie.ul.pt

Abstract

The main objective of this study was to understand the impacts of a science teacher training course, designed and implemented in a science centre, in teachers' exploitation of the opportunities inherent to science centres learning contexts, through the evaluation of its impact. Data were collected through direct observation of the tutorial sessions and the school-visits organized and implemented by seven teachers. An online questionnaire was administered to 38 participants in order to understand their perspectives of the course. The data were triangulated in order to make an evaluation of the course according to its effectiveness, efficiency, relevance and durability. Data showed that the development of a science teacher course by a science centre, proved to help teachers to capitalize on the opportunities these non-formal institutions offer to enrich and reinforce science school learning. Some improvements were suggested in order to achieve a greater effectiveness.

Key words: Science centres; Teachers education; Science education.

Introduction

Nowadays, science education trends converged in suggesting a need to promote a deep understanding of science and technology, to develop applied knowledge on fundamental scientific concepts, and to support awareness on science methods and their relations with other domains of society (EC, 2007; Osborne & Dillon, 2008). Science teaching needs to be more effective in 1) increasing students' interests and attainments in science; 2) promoting the use of intellectual skills, like critical thinking, in addition to knowledge acquisition; and 3) providing opportunities to develop and use a range of complementary skills, such as collaborative and communication ones.

Non-formal science institutions, such as museums and science centres, can contribute greatly to these goals. Their mission is to support public engagement with science and technology, contributing to the development of a more scientifically literate citizen. Moreover, by strengthening school science, through the implementation of collaborative actions with schools or science teacher training institutions, science museums and science centres can contribute to the creation of a more interested and

receptive audience for future and lifelong science learning, playing an important role in the reform of science education (Chin, 2004).

The learning environment in these institutions has potential advantages in nurturing curiosity and improving motivation, interest and enthusiasm to learn (Anderson, Lucas & Ginns, 2003; Falk & Dierking, 2000; Ramey-Gassert, Walberg & Walberg, 1994). In these environments learners can control their own learning agenda (Bell, Lewenstein, Shouse & Feder, 2009; Hofstein & Rosenfeld, 1996), assuming an attitude of active learning and experiencing different relationships between science, technology and society (Falk & Dierking, 2000; Jarvis & Pell, 2005; Ramey-Gassert et al., 1994).

Schools can exploit the learning potential of these institutions through school visits. However, research has shown that many school visits to science museums and science centres are often conducted in a manner that do not maximise the learning opportunities they could afford (e.g. Kisiel 2006; Kubota & Olstad, 1991). The last decades of research on the learning that can result from these visits has resulted in a series of recommendations for teachers to enhance the effectiveness of such experiences in promoting leaning. Teachers are encouraged to become familiar with the setting before the visit, to orient students to the setting and learning agenda, clarifying the objectives of the visit, to plan pre-visit and follow-up activities, to allow students time to explore and discover during the visit and to plan activities that support the curriculum (DeWitt & Osborne, 2007).

However, these recommendations seemed to be rarely followed by teachers (e.g. Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997). In general, there seems to be a gap between school-based and museum-based activities that is a major impediment for students' learning in a visit (Tal & Morag, 2007). In order to effectively integrate formal and non-formal practices, supporting good practice among teachers, and maximising the educational potentialities of science museums and science centres, the building of collaborative actions between schools and these non-formal institutions for educational purposes is necessary.

Teachers are well placed to meet challenges and capitalize on the opportunities inherent to the museum free-choice learning environment, conducive to exploration and discovery (Falk & Dierking, 2000; Griffin, 2004; Mortensen & Smart, 2007). However, both initial and in-service science teacher programs are needed in order to guide teachers to design and implement effective visits and to integrate non-formal resources to teaching practice. On the other hand, museum education staffs need to develop suitable strategies in order to facilitate student learning, and to empower teachers to master strategies based in museum resources (Chin, 2004).

Integrated in these current movements to reinforce the collaboration between non-formal institutions and the formal educational system, the Portuguese National Agency for Scientific and Technological Culture ("Ciência Viva"), created a teacher training course: "The use of Science Centres as resources for science teaching in elementary education". This agency co-ordinates a network of science centres distributed throughout the country.

Electronic Journal of Science Education (*in press*).

Course description

The tutorial unit of the course includes four sessions (of 4h each). During the sessions teachers were always assigned to develop small group-tasks based on the different themes under discussion.

Session 1: "Formal and non-formal learning environments"

Within this session, teachers were invited to develop a several activities aimed at promoting a closer view about the uniqueness of the learning context of the science centre, in contrast with schools' contexts, and alerting for the necessity of diversifying the strategies used in exploring it.

First, teachers were asked to critically evaluate an interactive exhibit, assessing its adequacy in view of their future audience, students of a specific age. The purpose of this task was to promote a critical analysis of the resources in the science centre, stimulating a deep consciousness about the need to adopt different strategies to foster a proper exploration by students of different school years and ages.

Secondly, teachers were invited to discuss and reflect on similarities and dissimilarities between formal and non-formal learning contexts. At the end, teachers had to sort a series of activities as being characteristic of a formal or non-formal environment and to discuss their own choices.

Session 2: "How to organize a school visit?"

This session was intended to promote teachers' awareness of the need to prepare in advance the school visit so that it would take place in an organized way and simultaneously to create a shared understanding, by students and teachers regarding the purpose of the visit.

As a first activity, teachers had to choose one goal (from a list provided) for a study visit to a science centre, and to justify their choice. This activity was intended to enhance the importance of stating specific and achievable objectives when designing a school visit to a science centre.

Teachers were also invited to critically examine different proposals of experimental activities offered in the exhibition. Beyond the question of the need to develop appropriate strategies for each schooling level (already explored in the previous session) in this activity it was also explored the need for teachers to know in advance the exhibition before the visit with their classes, so that they can adequate the activities to their students' needs, helping them taking the maximum advantage of the resources available.

As a third activity teachers were required to manipulate an exhibit in groups of two, one of them with his/her eyes closed. This activity explored the need to tailor different strategies according to the diversity of students, namely taking into consideration different needs and interests. On the other hand, it strengthened the need for the teacher to act as a mediator in the way the different experiences are seized by

different students. Moreover, it also stressed the importance of students exploring the exhibition to be conducted in groups.

As a fourth activity teachers were asked to plan an activity, subjected to a certain thematic of their choice, based on the resources present in the exhibition. This activity aimed at stressing the need to previously structure each activity, and then look for adequate strategies to explore the existing resources in a way to accomplish the proposed objectives. Finally teachers were asked to prepare a presentation using the resources available online regarding the science centre, so that their pupils will know in advance the physical setting of the science centre, reducing the impact of the novelty and the unknown inherent to any visit to a new place.

Session 3: "During the school visit"

Within this session, teachers were invited to reflect on the role of the different intervenient in a school visit: students, teachers and science centre educators. These educators are experts in the science centre exhibits.

As a first activity, teachers were invited to critically evaluate two practical demonstrations about the role that a science centre educator can take. At first, the science centre educator asked teachers about the experimental activity they were carrying on, in a provocative and inquisitive way, stimulating teachers' critical view about what they were doing. On the second demonstration, the educator assumed an extremely authoritarian position, performing the experience without requiring any intervention on the part of assistants and not answering any questions raised by them. With this activity teachers were asked to reflect about different strategies which may or may not promote reflection, curiosity and greater motivation on students towards certain activities. As a complement to this activity, a second one was developed in which teachers were asked to classify different resources available in the science centre according to its degree of interactivity (a notion that was also discussed during this session). This activity aimed at promoting teachers' awareness about the relevance of their pupils to move from passive observers to active performers.

As a third activity, teachers were asked to associate certain daily images to a given exhibit according to the phenomena under analysis, in order to emphasize the need to encourage their pupils to develop different strategies to explore the exhibit so that they will gain some sense of their own.

Finally, teachers were asked to propose and discuss a possible worksheet to guide the exploration of a particular exhibit taking into consideration the different aspects discussed during the session in relation to students' roles. This activity was intended to highlight the need to give support to students when manipulating the exhibits.

Session 4: "Evaluation of the school visit"

This session was intended to promote teachers' awareness about the need to evaluate school visits, in all its phases (before, during and after the visit).

As a first activity, teachers had to choose one parameter (from a list provided) to assess a study visit to the science centre, and justify their choice. During this activity it was explored the possibility to evaluate different impacts of a given school visit according to its main objectives, namely its impact on students' knowledge acquisition, their attitudes toward science, and the development of certain competencies.

Finally, teachers were invited to create one worksheet for a hypothetical visit about one specific subject (following a protocol supplied) and they were required to explain it to the rest of the group, enabling a reflexive discussion about the potentialities of presented proposals.

This course is now being implemented in different science centres within the network and may come to assume an important role in contributing to closing the gap between schools and these non-formal institutions. For this reason, it is essential to understand their impacts in science teachers training. The purpose of the present study was to contribute to the understanding of these issues through the evaluation of the teacher training course, trying to analyse its impact in the organization and implementation by teachers of a study visit to a science centre. Of specific interest was the examination of the course according to the following criteria:

- Effectiveness: teachers' performance corresponded to the objectives defined;
- Efficiency: the strategies and the resources were the most appropriate;
- Relevance: the course was related with teachers needs and responded to real problems;
- Durability: its effects could be extended to the organization of school visits to other science museums and science centres.

Methodology

Teacher training course

The study was conducted in a Science Centre at Amadora, near Lisbon (Portugal), an interactive Science Museum intended to be an interactive space of science and technology. This Science Centre is part of the Ciência Viva network and it is dedicated to the science of everyday life, especially with science in our homes. Its main objective is to promote the dissemination of scientific and technological culture among citizens.

In this study, a teacher training course for the use of Science Centres as resources for science teaching in elementary education, developed by the national agency, was the research context. This course was created in 2007 and implemented in the science centre under study in 2008 for the first time. The course included a tutorial unit, corresponding to 16h of theoretical and practical work in class and an autonomous unit, corresponding to 10h of autonomous work. To complete the autonomous unit, teachers had to develop a portfolio and to organize and implement two visits to a science centre. The course was directed to elementary teachers and its attendance afforded teachers with professional credits, for professional progression.

According to the main objectives of the course teachers were to:

- Explore various forms of interaction between schools and science centres;

- Explore the learning potential of these contexts through visits to exhibitions;
- Explore different types of activities to undertake with students before, during and after visits to a science centre;
- Design and produce resources (e.g. experimental activities) for school visits;
- Promote the use of Internet for the preparation, conduct and support of school visits to science centres.

Participants

A total of 38 teachers, distributed in classes of nine to ten participants each, attended this course during the study period. They were all elementary teachers of children six to ten years old: ten teachers taught first grade pupils (6 to 7 years old); seven teachers taught second graders (7 to 8 years old), eight teachers taught third graders (8 to 9 years old) and 12 teachers taught fourth graders (9 to 10 years old). One of the teachers had a professional background in special education, giving pedagogical support to children with special educational needs.

Data collection and analysis

Data were collected in two ways: a survey and observations. With the purpose to analyse the impact of the training course on participant teachers' professional development they were asked to answer to an online questionnaire addressing their opinion about the relevance and adequacy of the course they attended. All the 38 teachers involved in the study answered to this questionnaire. The open-questions of the questionnaire were analysed through a method of content analysis. We followed an inductive process in which the categories emerge from data (Miles & Huberman, 1994).

Non-participant and naturalistic observations of all the sessions of two of the classes were conducted by one of the researchers in order to describe the teacher training course and to obtain information about the themes focused and the work developed. Both classes had the same instructor.

In addition, observations were also conducted, by one of the researchers, of the school visits organized by the teachers who participated in the course, trying to get information about the organization of the visit, the role played by the teacher and students' involvement. Seven school visits were observed.

The design used for the observation followed a scheme specifically designed for this study. The observation was organized into two distinct but interrelated phases: a descriptive phase, in which the observations were free (unconstrained), and served as a basis for direct observation in subsequent stage; a structured phase, in which the observation was directed to aspects under study that were previously recognized as the most relevant (in the unconstrained phase) (Gall, Gall & Borg, 2007).

For the analysis of observational data we used a method of content analysis. Through an iterative process, of reading and re-reading data (Miles & Huberman 1994), we assigned meaningful pieces of text to previously defined aspects considered relevant: group organization, type of interactions established between each actor involved and with the objects in the exhibition, dialogues, and some nonverbal

indicators, such as the spatial location of the various actors and the "posture" assumed by each one (enthusiastic, alert, inattentive, bored)

Results

School-visit description

The vignette bellow provides a description of a visit based on observation data collected during a tour with third grade pupils.

> Vignette: (14h; 20 students of the third grade).
> The group arrives at the exhibition room. The teacher reviews with the class the rules of conduct during the visit. The whole class follows the teacher for a very brief visit to the exhibition space (about 5 min.). Pupils seem very excited and curious about the exhibition. Each group, previously formed, goes to a specific module (everyone seems to know where to go). All students have a worksheet. The working rule is for each group to first explore the exhibit and try to fill out the worksheet. All questions in the worksheet seemed mostly related with the labels (that can be answered merely by searching written information), and not to the objects in the module or with the explanation of the phenomena dealt in the module. Students began to show they were lost; seeming that they were not able to realize the purpose of the worksheets and where to seek for information. They are constantly asking their teacher about what they have to write. The teacher seeks not to give them the answers. She goes through all the groups, asking students about what they are seeing, challenging them to reflect about the exhibit. As soon as a group filled the worksheet, they started an experimental activity associated with the exhibit. Students do not seem familiar with an experimental protocol. They seem very excited with the experimental task. They ask the teacher how to do the experiment, ignoring the protocol. Finally, they seem to understand that they must follow the protocol. They execute the guidelines given in the protocol but they do not record any data, nor conclude anything about what they are observing. After finishing the experiment they walk around the exhibition room, trying to check what the other groups are doing. The visit is over (15h). All groups completed the worksheet.

In all school-visits observed, it was evident that students were previously presented to the science centre, either through photographs or using the institutional website. They seemed aware about the exhibition, and its resources. Students were organized in groups before starting the visit and all of them seemed aware of the rules of conduct to follow during the visit.

Firstly, at the beginning of all visits observed, students were invited to become familiar with the exhibition, before they began to exploit it. However, in most visits, this familiarization time was extremely short, taking the format of a simple "walk" across the exhibition room (lasting less than 5 min.).

In all visits observed, students had to complete a worksheet, usually with a very rigid structure (following a format similar to the examples given in the tutorial sessions). The closed questions in majority did not allow great choice in what

information is sought. Almost all information required was present in the exhibit labels. The limitations of this worksheet became evident, since it was fully focused on information search, in detriment of promoting students' reflection and interpretation of the objects and phenomena observed. Many students seemed do not realize the purpose of the worksheet itself, either because they did not understand the questions and the kind of answers they were expected to give, or they did not know where to look for the information. All visits ended without a group discussion, where students could exchange their experiences and reflect on what they have learned.

In all visits teachers assumed an active role seeking to assist all groups exploring the exhibit and completing the worksheet. Most teachers tried to trigger students' discovery and searching for information through continuing questioning about what they were observing.

Students seemed extremely curious at first, raising many questions and demonstrating an eagerness to explore all the resources, and to fill the worksheets. However, as time was going by, they seemed more and more demotivated, especially those who did not understand the purpose of the worksheet. One interesting aspect observed, was the total unfamiliarity of students in performing the experiments proposed. Although they all showed a strong motivation to perform the experiment, they seemed unprepared to follow an experimental protocol and they showed lack of interest in the explanation of the results after performing the experiment.

Teachers' evaluation of the course

In general, teachers' overall appreciation of the course (table 1) was high or very high concerning its level of interest (95%), "understandability" (100%), applicability to school contexts (92%) and to other science centres (97%), and relevance for scientific (92%) and for pedagogical (97%) enrichment.

Table 1.
Teachers overall appreciation of the course (n=38): (1) very low; (2) low; (3) high; (4) very high

Evaluate the course according to its level of:	1	2	3	4
Interest	0	2	19	17
Understandability	0	0	24	14
Applicability to school contexts	0	3	19	16
Applicability to other science centres	0	1	23	14
Relevance to scientific enrichment	0	3	26	9
Relevance to pedagogical enrichment	0	1	24	13

When questioned about the aspects not accomplished in the teachers emphasized the need for more hours because of the complexity (many scientific concepts) and diversity of the themes explored (seven teachers), and some inadequacy of the strategies explored to very young children (6 to 7 years old) (three teachers of the first grade). Three teachers revealed that the course didn't attain its main objective. One criticized the fact that she was unable to implement the visit explored in the tutorial sessions with her students, which probably means that she misunderstood the main purpose of the

course, and two referred that it didn't help them to achieve a suitable plan for a school visit to a science centre.

The reasons teachers gave for attending the course were mainly related with their professional needs (see table 2), namely pedagogical (89%) and scientific (76%) training. Another reason was the fact that the course affords professional credits, which are important for their professional progression (89%).

Almost half the participants (45%) had never designed a school-visit to a science centre before attending the course (see table 2). The reasons they highlighted were mainly related with their general unfamiliarity with the exhibitions (59%) and the complexity of the scientific knowledge usually involved (53%). The majority of them also highlighted the intensive extra work needed for organizing a school visit (71%).

At the end of the course, almost all participants considered that their confidence (84%) and willingness (92%) improved in which concerns organizing school-visits to science centres (see table 2). When questioned about what has changed in their perspective on the organization of school-visits to science centres, many teachers referred a greater awareness about the need for a closer attention for the visit preparation (19 teachers). They also referred some aspects related with the development of the visit itself (seven teachers), namely a greater awareness about the importance of teachers behaviour (two teachers) and educators behaviour (one teacher) during the visit. Two teachers referred the importance of connecting the visit with the work developed in classroom and two referred the need of evaluating students learning. Some teachers (eight) referred a general impact on their vision about school-visits, awakening them to the need to make a better use of the visit according to its numerous potentials.

Table 2.
Teachers' evaluation of the course (n=38)

Reasons for your participation in the course:	Yes	No
Course of few hours	15	23
Meets a pedagogical need	34	4
Meets a scientific need	29	9
Course with professional credits	34	4
To keep company with colleagues	10	28
Did you have already organized a school visit to a science centre?	21	17
If you answered negatively, give your reasons:		
It is difficult because I don't know the exhibitions	10	7
It is difficult because of the complexity of the scientific knowledge involved	9	8
It is difficult because of the intensive work that involves	12	5
It is difficult to promote the involvement of all students	5	12
With this course you:		
Become willing to organize school visits to science centres	34	4
Feel easier to organize school visits to science centres	35	3
Continue to have difficulty in organizing school visits to science centres	6	33

Discussion

On the whole the teacher training course that was object of this study was well organized, following a structure suited to the stated objectives. Most of the activities and materials used were suitable to achieve the purposes for which they were built (efficiency), and according to the questionnaire results, the course was in fact related to the teachers' needs (relevance). Concerning their impacts, in general it seemed that the course achieved its main goals, since teachers stressed the fact that they feel they have become more capable and more willing to organize school-visits to a science centre (effectiveness). Moreover, they became more conscious about the importance of their role during a school-visit, performing in all visits observed a very active attitude, intervening and guiding pupils' explorations.

However, some issues were identified that can be improved in order to achieve a greater effectiveness and to assure that the course's effects can be extended to visits to other science centres (durability):

- To promote a deeper reflection on the possibility to diversify the strategies to e apply in non-formal contexts.

In the first session, teachers discussed and reflected about the specificities of each learning context involved, classroom and non-formal one. However, this idea can became more meaningful if explored the possibility to create in a science centre environment learning situations with different characteristics (e.g. more or less structured, with more or less autonomy for students), depending on the intended learning objectives, in order to illustrate the possibility to use diverse pedagogical strategies regardless the contexts in which they occur. Indeed, non-formal settings occupy an important and unique space in science learning, presenting strengths that are unique and complementary to the strengths of schools (Bell et al., 2009; Jarvis & Pell, 2004; Pedretti, 2002; Ramey-Gassert et al., 1994). Learning science in non-formal environments is a diverse enterprise and serves a broad range of intended outcomes, like inspiring emotional reactions, reframing ideas, introducing new concepts, communicating the social and personal value of science, and promoting deep experiences of natural phenomena (Bell et al., 2009).

- To highlight the need for more meaningful school visits to the students, for example as a follow-up of specific subjects worked in the classroom, and so as a way to search for certain answers related to questions arising in the course of this work, or rather, to trigger interest in a new theme to explored in upcoming classes, instead of merely exploring the need to address aspects related to organizational issues and reduction of novelty.

In the second session, emphasis was given to aspects related to reducing the "surprise effect", by presenting to students the physical setting and discussing with them some organizational issues, such as the rules of conduct and their organization in groups. A key educational challenge for science museums is to link emotional and sensory responses with science-specific phenomena. Associating scientific thinking

with engaging and enjoyable events and real-world outcomes can create important connections on a personal level (Bell et al., 2009).

- To promote the development of ways to explore science centres other than the use of worksheets, for example inquiry and problem solving strategies, and emphasize the importance of students' free exploration time during the visit.

The worksheets created by teachers, which were based on models proposed during the tutorial sessions, proved to be very rigid and with little adaptability to the diversity of students' interests and competencies. Active science learning, in which students are engaged in inquiry, problem solving activities, investigating and experiencing relationships between science, technology and society, is extremely important in formal as well as non-formal settings (Bybee, 2001; Hofstein, Bybee & Legro, 1997). Teachers should provide open-ended tasks to be carried out by their students at the science centre that require observation, discussion and deduction. These methods are more effective at all school levels in increasing students' interest and achievement, promoting the use of intellectual skills, like critical thinking and reflection, in addition to knowledge acquisition. On the other hand, they provide opportunities to develop and use a range of important complementary skills, namely collaborative and communication competencies (Bybee, 2001; Hofstein et al., 1997; Jarvis & Pell, 2004).

- To work with students the importance to interpret and discuss the results obtained in experiments and give greater emphasis on the importance of having a time to exchange experiences among all participants.

This issue can be better explored, for example, when reflecting about the importance of asking students to explain to their colleagues at the end of each visit what they have performed and observed, promoting a final period of joint reflection about what they saw, what they discovered and what they want to know more. There is substantial evidence that social interactions among visitors may be important in stimulating learning (Diamond, 1986). These environments are ideal for the development of science concepts since there is an emphasis on hands-on activities related to real-world objects and events, with social interaction and group performance emphasized (Falk & Dierking, 2000; Jarvis & Pell, 2004; Ramey-Gassert et al., 1994). The learning in science centres, that is characterized as learner-centred, self-regulated and situated, actively involves peers in social interactions (Hofstein & Rosenfeld, 1996; Ramey-Gassert et al., 1994). Teachers should create mechanisms for students to search information and to interact with peers, whereas interacting with exhibits, as a way to support and value appropriate play with the exhibits, while promoting social interactions directed to the understanding of the science topics under observation (Jarvis & Pell, 2004).

In conclusion, the development of a science teacher course by a science centre, in which participants can critically discuss different aspects of the exhibitions with the science centre educators and can design school visit plans to be implemented in the museum setting, proved to help teachers to acquire more in-depth knowledge about the museum resources, to gain deep consciousness about the importance of knowing the exhibitions before planning their school visit, to assume a more active role during the

visit, and so to capitalize on the opportunities these non-formal institutions offer to enrich and reinforce science school learning.

Acknowledgements

The first author was supported by a grant from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BPD/26939/2006). Part of this study was supported by Fundação para a Ciência e a Tecnologia as part of the Project "Between tide marks: Integrating literacy's" (iLit) (PTDC/CPE-CED/117923/2010).

References

Anderson, D., Lucas, K., & Ginns, I.S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting in an informal setting. *Journal of Research on Science Teaching, 40*(2), 177-199.

Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A.W., & Feder, M.A. (2009). *Learning science in informal environments: people, places and pursuits.* Committee on learning science in informal environments, National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.

Bybee, R.W. (2001). Achieving scientific literacy: strategies for ensuring that free-choice science education complements national formal science education efforts. In J.H. Falk (Ed.), *Free choice science education, how we learn science outside of school* (pp. 44-63). New York: Teachers College Press.

Chin, C.-C. (2004). Museum experience-a resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*, 63-90.

DeWitt, J., & J. Osborne. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, *29*(6), 685-710.

Diamond, J. (1986). The behavior of family groups in science museums. *Curator, 29*(2), 139-154.

European Commission [EC] (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.

Falk, J.H., & Dierking, L.D. (2000). *Learning from museums: visitors experiences and their making of meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2007). *Educational research. An introduction.* NY: Pearson International Edition.

Griffin, J. (2004). Research on students and museums: looking closely at the students in school groups. *Science Education, 88* (suppl.1), S59-S70.

Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learn-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education, 81*(6), 763-779.

Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education, 28*, 87-112.

Hofstein, A., Bybee, R.W., & Legro, P.L. (1997). Linking formal and informal science education through science education standards. *Science Education International, 8*, 31-37.

Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Center. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 53-83.

Kisiel, J. (2006). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a Natural History Museum. *Science Education, 90*, 434-452.

Kubota, C.A., & Olstad, R.G. (1991). Effects of novelty reducing preparation on exploratory behaviour and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*, 225–234.

Milles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative Data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Mortensen, M.F., & Smart, K. (2007). Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(9), 1389-1414.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections.* London: The Nuffield Foundation.

Pedretti, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education*, *37*, 1-42.

Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J. III., & Walberg, H.J. (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education, 78*, 345–363.

Tal, T., & Morag, O. (2007). School visits to Natural History Museums: teaching or enriching ? *Journal of Research in Science Teaching, 44*(5): 747-769.

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

D. Carlos de Bragança, a Pioneer of Experimental Marine Oceanography. Filling the Gap between Formal and Informal Science Education

Cláudia Faria, Gonçalo Pereira, Isabel Chagas
Centre for Research in Education, University of Lisbon
Campo Grande, Edifício C6, Piso 1, 1749-016, Lisbon, Portugal
e-mail: cbfaria@fc.ul.pt

ABSTRACT
The activities presented in this paper are part of a wider project that investigates the effects of infusing the history of science in science teaching, toward students' learning and attitude. Focused on the work of D. Carlos de Bragança, King of Portugal from 1889 to 1908, and a pioneer oceanographer, the activities are addressed at the secondary Biology curriculum (grade 10, ages 15,16). The proposed activities include a pre-visit orientation task, two workshops performed in a science museum and a follow-up learning task. In class, students have to analyse original historical excerpts of the king's work, in order to discuss and reflect about the nature of science. In the museum, students actively participate in two workshops: biological classification and specimen drawing. All students considered the project relevant for science learning, stating that it was important not only for knowledge acquisition but also for the understanding of the nature of science. As a final remark we stress the importance of creating activities informed by the history of science as a foundation for improving motivation, sustaining effective science teaching and meaningful science learning, and as a vehicle to promote a closer partnership between schools and science museums.

Keywords: History of science; Biology education; Science education; Science museums

1. Introduction
In the last decades, science education trends are converging to the need to promote a better understanding of science and technology, to develop applied knowledge on fundamental scientific concepts, and to support awareness on science methods and its relations with other domains of society. In order to accomplish the development of active citizens, who are willing to be involved in present and relevant scientific issues with an impact to the society progress, it is essential to design innovative teaching approaches. Science teaching needs to be more effective in 1) increasing students' interests and attainments; 2) promoting the use of intellectual skills, including critical thinking, in addition to knowledge acquisition; and 3) providing opportunities to develop and use a range of complementary skills, such as collaborative and communication ones.

Science educators have repeatedly stressed the crucial role that knowledge of scientific history plays in building a foundation for scientific literacy (e.g. Matthews 1990, 1994; Wandersee 1992; Duschl 1997, 2000; Lombardi 1997; Monk and Osborne 1997). In Portugal, history and philosophy has been present in science curricula since 2001 at a national level (Galvão and Abrantes 2005). According to the stated aims of the current science curriculum for Portugal, students are expected to master inquiry

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

skills for problem-solving, to understand the nature of scientific knowledge, and to appreciate the limitations of science.

Science museums can contribute greatly to these goals. Not only do they have special resources that are unavailable elsewhere, such as historical collections, but they generate the learning environments that also have potential advantages in nurturing curiosity, and improving motivation and positive attitudes towards science (Falk and Dierking 2000). Science museums can address aspects of science education that might be missing in more formal, class-based science learning, providing an awareness of the relevance of history and philosophy of science to advance scientific knowledge (Ramey-Gassert et al. 1994).

The activities presented in this paper are part of a wider European project aimed at studying the effects of the inclusion of history and philosophy of science in science education programs (HIPST – History and Philosophy in Science Teaching). The activities were designed to run both in class and in a science museum and were addressed to secondary students of Biology. Activities address the themes of biological diversity, systematic and the nature of scientific investigation. Students are asked to explore the work of D. Carlos de Bragança, King of Portugal from 1889 to 1908, and a pioneer oceanographer who dedicated himself to the study of coastal Portuguese fauna. D Carlos left a legacy of scientific knowledge.

The purposes of the study were to create and evaluate a set of science activities informed by the history of science and to analyse its potential to promote a partnership between schools and museums, helping to close the gap between formal and informal science education.

2. Theoretical Background

One of the main goals of science education is helping students to develop an understanding of the nature and methods of science and an awareness of the complex interactions among science, technology, and society (Hodson 1998). In scientifically and technologically advanced societies, understanding the scientific enterprise and its interactions with technology and society is essential for citizenship and democracy, allowing common citizens to take part in decisions concerning societal and scientific issues (Millar and Osborne 1998).

The current aim of scientific literacy in science education not only involves knowledge of key concepts but also understanding of scientific inquiry as a human enterprise (DeBoer 2000; Ryder 2001). Modern science educators recognise the importance of education in public understanding of and about science, and support scientific literacy goals in new science curricula that attempt to paint a more authentic picture of science (e.g. Hurd 1997; Millar and Osborne 1998; Ryder 2001; Duggan and Gott 2002). Scientific literacy is commonly portrayed as the ability to make informed decisions on science and technology–based issues and is linked to deep understandings of scientific concepts, the processes of scientific inquiry, and the nature of science (Kafai and Gilliland-Swetland 2001).

Many science educators advocate that students' development of an understanding of the nature of science is a key element for scientific literacy (e.g. Bybee et al. 1991; Lederman et al. 2002). In spite of the inexistence of a consensual definition of the construct "nature of science" (Lederman 2007), there is a general consensus that it should involve the following aspects regarding scientific knowledge: it is tentative, empirically based and subjective (involving personal background, biases, and/or is theory-laden); it necessarily involves human inference, imagination and creativity; and

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

it is socially and culturally embedded (Lederman 2007). According to Driver and collaborators (1996), understanding the nature of science could help students make sense of science and deal with the technology in everyday life, make informed decisions on sociocultural issues, appreciate the value of science as part of contemporary culture, develop an understanding of the norms of scientific community that embody moral commitments valued by society, and finally, learn science subject matters.

Although numerous research studies concluded that nature of science activities should become an explicit and regular component of science instruction (MacDonald 1996; Abd-El-Khalick and Lederman 2000), *how* that is best accomplished is still very much open to investigation and discussion.

In the last decades, science educators (e.g. Klopfer 1969; Wandersee 1992; Monk and Osborne 1997; Duschl 2000) have repeatedly argued that history of science can play a significant role in helping learners develop more appropriate conceptions of the scientific enterprise (Adb-El-Khalick and Lederman 2000). Many educational reform efforts (e.g. Project 2061 by the American Association for the Advancement of Science, Science for all Americans, and the National Science Standards) have already stressed that historical knowledge should be an important component of science education (Kafai and Gilliland-Swetland 2001). The main purposes of science education are to introduce students into the conceptual and procedural realms of science, together with helping students to learn about science, its changing methods, its forms of organization, and its interrelationships with society (Millar and Osborne 1998). According to Mathews (1994), the history of science can have an integrative function in all of these major educational goals.

Mathews (1994) summarizes that the inclusion of history of science in instruction promotes a better understanding of scientific concepts, methods, and the nature of science. In addition, history of science suggests questions and experiments that promote appropriate conceptual change in students; it counteracts scientism and dogmatism (common in science education); humanizes scientific contents and reduces formalism; and reveals the integrative and interdependent nature of human achievements. Mathews (1994) also stresses the fact that historical knowledge has its own intrinsic cultural-intellectual validity.

Teaching about the history and the nature of science can encourage students to appreciate science as a human endeavour (Driver et al. 1996; Monk and Osborne 1997). However, many researchers have consistently shown that students typically do not develop such understandings through their participation in school science (e.g. Lederman and O'Malley 1990; Lederman 1992; Meichtry 1992; Matthews 1994). Most teachers rely heavily on textbooks as the curriculum materials for teaching science. However, textbooks tend to present science as a collection of established facts and principles (Duschl 2000) that have generated through a steady and cumulative progression, making only passing references to the history of science. In the majority of textbooks, history content is contained only as additional and supplementary information, in the form of small histories and biographic information (e.g. Monk and Osborne 1997; Yip 2006; Pereira and Amador 2007).

On a practical level, most teachers address the emphasis on history by merely introducing a unit drawing upon historical background and then continuing to current materials (e.g. Wandersee 1985). Rather than pedagogically integrating the history of science, these efforts often merely juxtapose it with the contemporary concepts and processes to be learned and, therefore, do not engage students in critical examination of how scientific ideas and processes are developed (Kafai and Gilliland-Swetland 2001).

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

Students need to understand not only key concepts and principles of science, and how scientific knowledge is applied, but also to value the cultural and social contexts within which science advances (Bybee et al. 1991).

Informal science institutions can contribute to achieve these goals. Their mission is to support public engagement with science, promoting the development of a scientifically literate public. In order to accomplish this aim it is crucial to reinforce their collaboration with the formal educational system. By strengthening school science, these institutions can contribute to the creation of a more interested and receptive audience for future and lifelong science learning (Chin 2004; Bell et al. 2009).

Years of research indicate that school visits to science museums have the potential to impact in both conceptual and affective learning with lasting effects on students (Falk and Dierking 1997; Kisiel 2006). Despite these, there are not many examples of coordinated and systemic efforts to build on the strengths and affordances of informal science institutions to engage interest, develop content understanding, and support inquiry-based methodologies in schools.

Many school trips to science museums are often conducted in a manner that do not maximise the learning opportunities they could afford. In general, there is little or no preparation and follow-up to the visit (Kubota and Olstad 1991), in spite of the fact that many studies have shown that pre-visit orientation and post-visit follow-up generally improve the learning potential of a school fieldtrip (Kubota and Olstad 1991; Kisiel 2006). In addition, there seems to be a gap between school-based and museum-based activities that is a major impediment for students' learning in a visit. How to close this gap in order to effectively integrate formal and informal practices is a current discussion issue among researchers (Tal and Morag 2007; Bell et al. 2009).

3. Methodology

3.1. HISTORICAL CONTEXT OF THE STUDY

The central theme of the activities presented in this paper involves the work of D. Carlos de Bragança, king of Portugal from 1889 to 1908, and a pioneer oceanographer who dedicated himself to the study of Portuguese coastal fauna.

In the beginning of the twentieth century the study of the sea was giving its 'first steps'. Evidences of life in the deep ocean, although demonstrated by many scientists, were challenged by the scientific community based on the work of Edward Forbes at Egean Sea, in 1841. This researcher has postulated the principle of absence of life below 300 fathoms deep; assuming that the lack of light, cold and pressure would certainly prevented the existence of life. The principle was known as the 'theory of Forbes' azoic zone', and it was so rooted in scientific community that became a true scientific stubbornness. Even after the discovery of more compelling evidence of the existence of life at greater depths, many scientists treated the subject with utmost caution. For example, Barbosa du Bocage, another Portuguese dedicated to the study of the sea, in 1864, when describing a new species collected by local fisherman (*Hyalonema lusitanica*) didn't mention that it was collected at a larger depth. Only seven years later, in 1871, he gave that information, after the accumulation of a large number of different evidences from all around the world. Part of these evidences were from Portugal, where local fisherman (from Setubal and Sesimbra) were used to catch sharks at 1200m of depth.

King D. Carlos dedicated himself to the study of the sea and tried to accumulate data in a systematic mode. During 12 years of oceanographic campaigns (1896 to 1907)

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

along the Portuguese coast, D. Carlos collected a large zoological collection with great historical and scientific value that represents a relevant contribution to the inventory of the Portuguese faunal coast. Besides its intrinsic biological value, this collection is largely valued by the King's numerous personal observations, concerning the geographical distribution, behavior, fishing methods and economical value of the collected species, as well as the drawings and water-colors he made illustrating rigorously specimens and natural phenomena. In addition, the King had an extraordinary role in scientific public divulgation. He organized a large number of national and international exhibitions with the zoological specimens and the oceanographic instruments used for collection (e.g. 1897, Science Museum of Lisbon; 1898, Aquarium Vasco da Gama; 1902 and 1903-1904, Science Museum of Oporto; 1904, Geographical Society of Lisbon; 1906, Science Museum of Milan, Italy). Some specimens of the collection were also sent to the Natural History Museum of Paris and London.

D Carlos legacy was remarkable for scientific knowledge and methodological innovation, integrating a naturalistic point of view through scientific illustration, and an experimental approach with data systematically registered through a range of collecting procedures. The logs filled with beautiful water-colours, the field notes, the zoological collection, and the instruments from the oceanographic campaigns he led are part of the permanent exhibition of the Vasco da Gama Aquarium, located near Lisbon.

The Vasco da Gama Aquarium is a scientific and pedagogic institution, that opened its doors to the public in 1898, during the fourth centenary celebrations of renowned navigator Vasco da Gama's discovery of the sea-route to India. Annually the aquarium receives about 60 000 visitors, of which 38% result from school visits. During its 100 years of existence, the Vasco da Gama Aquarium played a fundamental role in the divulgation of Aquatic Biology in Portugal by allowing the visitor to receive an enlarged view of the Aquatic World. This institution possesses a vast collection of D Carlos instruments, specimens and documents.

3.2. RESEARCH PARTICIPANTS

The activities discussed in this work were applied in a regular classroom setting in a secondary school during a period of one month (February 2009). Participants constituted a regular 10^{th} grade science class (15 to 16 years old), composed by 28 students, 20 girls and 8 boys, of a suburb school of Lisbon. According to their science teacher, students were regularly asked to develop practical work (*sensu* Hodson 1996) and research tasks during their normal classroom activities. In addition, this class have already done a number of school-visits to science museums and science centres and have also developed some outdoor activities as field-trips. The only activity described by the teacher as being related to the history of science approach, was a research that students were asked to do in the beginning of the school year, about the work of a scientist of their interest, from those referenced in their science text-book. Finally, all students were familiar with computers as part of their classroom activities, including word processing and searching the Internet. For the development of the activities, that occurred within the regular classes, with the support of the science teacher, students were divided in five groups, with 4 to 7 students each (chosen by them). The classroom where the activities took place was equipped with 5 computers, one for each group.

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

3.3. DESCRIPTION OF THE ACTIVITIES

The selected topics emerged from the integration of the king's work with the Science Portuguese Curriculum for the Secondary School Level (10th and 11th grades; 15 to 18 years old), namely concerning the following subjects: biological diversity, systematic and the nature of scientific investigation, present in the curriculum of Biology. Four teachers reviewed the activities produced to validate their content and evaluate the activities' adequacy for the target participants before the implementation in the classroom.

The activities included a pre-visit orientation lesson, performed in the classroom, two workshops performed in the Aquarium, and a follow-up learning task, also performed in the classroom. In the pre-visit orientation lesson, students analysed two excerpts of the king's diary related to the 1897 oceanographic campaign (Bragança 1957) and respective laboratory reports in order to 1) discuss different forms of scientific reporting, either in the laboratory or in the field; 2) compare methods of collection, preparation and preservation of biological specimens to modern ones; and 3) reflect upon psychological characteristics of scientists.

In the Aquarium, students actively participated in two workshops, one about biological classification and the other about scientific drawing. In the first workshop, students were introduced to the king's work, collection and scientific methods. Furthermore, they compared actual classification methods with those developed by the king, and they classified a group of marine organisms with the help of a dichotomous key. In the second workshop, scientific drawing was used as a vehicle to comprehend the diversity of form, colour and function of the organisms (Weitzman 2003). Both workshops included a theoretical session and a practical session. In the theoretical session, students were introduced to the main subject of the workshop: biological classification and the work of D Carlos for the first one, and biological illustration and drawing techniques, based on observation, for the second workshop. For the practical session, in the first workshop students made a guided visit to the King's collection (zoological specimens and sampling instruments used) and tried to identify and classify a group of marine organisms present in life exhibition of the Aquarium. In the second workshop, they observed and draw some marine organisms, chosen by them, also present in life exhibition of the Aquarium

In the follow-up activity, students analysed text excerpts of a contemporary Portuguese oceanographer, Saldanha (1996), about the king's scientific work and about the scientific historical context of the time, namely concerning the 'theory of Forbes' azoic zone' (described in 3.1. Unit) and the reluctance of scientists in using evidence resulting from knowledge built by common citizens (e.g. Portuguese fisherman). Students reflected about how scientific knowledge is constructed, about the importance of scientific publication for validation of scientific knowledge and the influence that society, in its various dimensions (religious, economic, etc.), may have on the construction of scientific knowledge.

Strategies used in the activities were mainly collaborative work, discussion tasks, interpretation of historical documents, internet research, analysing and contrasting different ideas, use of dichotomous keys, observation and description of living beings and scientific drawing.

3.4. RESEARCH INSTRUMENTS AND ANALYSIS

Several methods of data collection were used, such as direct and indirect observations, answers to the worksheets of both classroom activities, questionnaires and interviews, to

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

assess the effectiveness and applicability of the activities under study. All the sessions that implemented activities were video- and audio-recorded. In addition, students' behavior was recorded by one of the researchers in the context of participant observation. All documents produced by students were collected and subject to content analysis.

When activities concluded one questionnaire was administered to all students to determine perception towards the activities. This questionnaire was inspired by the European Project PARSEL (Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy, www.parsel.eu) and included 20 questions. A Likert scale of five terms was used to register the intensity of response. The terms ranged between 1, total agreement and, 5, total disagreement. The questions were organized in five dimensions: general perspective about science teaching and the importance of teaching history of science; feelings towards the activities; perception the relevance of biological sketching/drawing activities, the importance of the history of science, and the promotion of affective and cognitive competences. The questionnaires' responses were submitted to statistical descriptive analysis (frequency count).

At the end of the activities, one student from each group (chosen by the group) was interviewed (n=5). Students were all interviewed at the same time, each answering each question in turn (Focus-Group Interview). The interview was open ended, and its main goal was to triangulate data and to deeply understand students' perceptions and experiences about the activities. It included 10 questions concerning the following dimensions: popularity and relevance of this type of work for learning science, relevance of the scientific subject, relevance of the historical approach and its impact in students' ideas about the nature of science. These interviews were video- and audio-recorded. Records were transcribed for content analysis in which coding categories emerged from searching the different meanings in students' answers, that were subsequently organized into different categories. The creation of these categories was influenced by the objectives and the theoretical scaffolding of the study. The following categories were considered: 1) popularity of the activities; 2) relevance of the activities for learning science. This second category was analysed considering three different aspects: acquisition of scientific knowledge; promotion of affective and cognitive competences; and understanding of the nature of science.

Data collected using different methods (observation, worksheets' answers, questionnaires, interviews) were crossed to assure the reliability of the analysis in order to get a deeper understanding of students' perceptions and experiences.

4. Results

4.1. POPULARITY OF THE ACTIVITIES

The analysis of the questionnaire responses indicated that students liked the activities very much. Most of the students agreed with the statements that 'learning science is interesting when it involves the discussion of historical themes related with science' (79%) and 'learning science is interesting when we can see how scientists work' (92%). In addition, students considered that' it is important to develop more activities like this one' (82%) and that 'the development of more activities of this type would increase students interest in learning science' (82%).

The analysis interview of responses confirmed these results. All students interviewed (n=5) stated that they liked the activities very much. Two identified that the drawing activity the part that they liked most and three identified both the biological

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

drawing and the biological classification tasks (aquarium workshops) as the ones they liked most. One of the students referred to the importance of the historical approach of the activities. The reasons for their selections were the novelty of some aspects (e.g. the drawing activity), the promotion of a different view about science, the promotion of a careful observation of reality and, the practical nature of the activities. The aspects that students liked least were the biological classification (2 students) and the historical context (2 students).

Students highlighted the unique characteristics of the learning situation, referring not only its practical nature, but also the presence of some innovative aspects, namely the use of the drawing task and the historical approach.

> *(...) different way of learning the subject; we became more aware of the subject; we become more committed; we were in contact with reality, we read and then we could confirm what we have read; we became more alert for the reality.* (student 3)

> *I had no idea we could use art in science; I didn't know we could associate art with the study of living beings.* (student 5)

> *I thought science couldn't be related with other subjects and now I saw that it is related with all around us.* (student 4)

Concerning the historical approach, despite students' commentaries that historical documents were difficult to read because of the old-fashioned writing style characteristics of the Portuguese language at the end of the nineteenth century, they were able to understand the documents analysed. According to the questionnaire analysis, 57% of the students agreed that 'the inclusion of the historical context helped to understand how to do science' and in the interview all students referred the relevance of this approach for science learning, stressing the importance to know the relation between past and present for the understanding of the evolution of scientific knowledge

> *It gave us the perception that things are not so linear, that many things need to be discovered, that there is always more things to learn.* (student 1)

> *It is important not only to know the name of the scientist who made the discovery, but also what he used to make the discovery and how was life in that time. It allowed to compare and to relate the past and the present.* (student 2)

However, only 32% of the students considered that 'the inclusion of the historical context made the activities more interesting' and all interviewed students claimed that the historical knowledge in general is not a captivating subject. One of the students interviewed stated that the historical approach didn't motivate him because he prefers to know what is happening today. In addition, all the students indicated that the historical approach is not commonly approached in science lessons and that when it is present, it is normally focused on what scientists have *discovered* and not on the reasons why they have discovered it. Moreover, social aspects contemporary to the discovery are rarely discussed.

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

> *There are some teachers that refer to some scientists but not so deep and we know what they did but we do not know why they did or for what purpose, what is the purpose.* (student 1)

> *I like very much to know about how things changed and how they* (scientists) *reached a conclusion, and in the classroom they* (teachers*) only say, "it is like this" and nothing more.* (student 3)

According to the students all the activities (pre-visit task, workshops and post-visit task) were needed, and pre- and post-visit activities were particularly important to provide a contextualization and a follow-up respectively.

> *I think that all activities are important and complemented one another. Take one off and the set of activities wouldn't be so complete and good. In the case of the pre-visit activity, it helped us to go with some knowledge to the visit, the activities in Aquarium corresponded to the practical aspect of the work, where we learn new things, and the post-visit activity helped us to make some conclusions about the subject.* (student 1)

4.2. RELEVANCE OF THE ACTIVITIES

Knowledge acquisition

The analysis of worksheets' answers in the first activity showed that all groups accomplished the main objectives, and understood the concepts of biological classification, field and laboratory work, scientific reporting, and methods of collection, preparation and preservation of biological specimens.

All students interviewed seemed to have understood quite well the purposes of biological classification, highlighting that it is a way to distinguish and organize the diversity of species already known, to standardize the knowledge about the species, facilitating the discovery of new species.

> *It is important to distinguish different species; to organize the diversity of species; to help different researchers, in different parts of the world, to recognize the same species; without biological classification, it could happen, that for example, in Portugal we found a species and gave it one name and in another part of the world someone found the same species and gave it another name, and we would never know that they were the same.* (student 1)

Students admitted that they learned 1) new aspects related to oceanography and marine ecology, e.g. the diversity of species, fish adaptations, different habitats; 2) methods used for capture and maintenance of fish, 3) the work of King D Carlos, and 4) biological illustration, a scientific job that they didn't know about.

> *The diversity of fish we saw at the aquarium. I had no idea that they are so many, but the oceans are so big, so huge, in various climates, Atlantic Ocean, Indic Ocean... fish are characteristic of the area where they live, their habitat (...). I conclude that the fish are adapted to their habitat and it is important that the aquarium can show to people how are the fish across the world, and what are their characteristics and habitat (student 4).*

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

> *What caught my attention was the diversity that exists in the aquarium, the fact that those who work can collect organisms that live at great depths and place them in conditions not to die (…), there are several different conditions to live, like hot water, cold water... within rocks, within different algae... and so on...* (student 5)

> *(...) I learned new terms that I didn't know, e.g. dragging, fishing techniques ... and oceanography itself . I had already heard about it but I didn't know the meaning.* (student 1)

Promotion of cognitive and affective competences

The analysis of both direct observations and video-records revealed that students' evidenced autonomy and capacity to work in group. They interacted frequently, discussing every aspect of their readings before writing their answers into the worksheet, and searching in the Internet whenever needed. Despite their teacher and one of the researchers availability for help (they kept asking if support was needed), students showed a great will to do everything on their own, preferring to discuss among them before asking for help. They all seemed motivated and involved since they all kept participating throughout the activities.

The analysis of the questionnaire responses indicated that 68% of the students considered that the discussions that occurred during the activities were very important for developing their own reasoning, and about 50% considered that the activities promoted their active participation in class and collaborative work with colleagues.

Understanding the nature of science

The analysis of worksheets' answers in the second activity revealed that students identified two aspects as essential to a scientist: to display certain characteristics of personality, such as, curiosity, interest, organization, persistence, patience, commitment, determination, scepticism, and adventurous spirit; and to own sound background scientific knowledge (primarily species characteristics, behavior and methods of capture). Moreover, students discussed and revealed an understanding about the importance of the accumulation of facts not explained by current theories, to the development of new theories. They identified the need of these new data to be confirmed by other scientists before their acceptance by the scientific community, and they also stated the importance of scientific publication for the dissemination and acceptance by scientific community of new ideas.

Questionnaire answers showed that 72% of the students agreed with the statement 'these activities helped me to understand the influence of society in the evolution of scientific knowledge' and 64% with the statement "these activities helped me to understand the way scientific knowledge is built'.

The analysis of the interviews revealed that students changed their visions about the nature of science, mainly concerning their ideas about the evolution of knowledge, the influence of society on scientific knowledge and how science is done. They seemed to have realized that the construction of scientific knowledge is a slow process

> *I thought it wasn't necessary the work of many people, the work of many years. I realized that it is a slow process and I didn't have that idea. I have understood that there are phases that we must cross, and they are slow, to reach to something concrete and to promote the evolution of knowledge.* (student 1)

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

and that it is always changing according to new discoveries.

> *Scientists need to be open to new knowledge, they can't be focused in only one theory, or idea. They (*scientists*) need to be always studying to get new and more diversified knowledge to build a better idea of something.* (student 5)

> *Scientific knowledge is always changing; we can't ever say that there is no life beyond x meters, because in the future we can find it.* (student 3)

In addition, they highlighted the inter-relations between science and other domains of the society, like other scientists and even common citizens, and technology.

> *These activities showed me that scientists are inter-related, and specially, that relation can influence the way the theory is formulated.* (student 1)

> *I considered very interesting to know the work of other people (not scientists), like Portuguese fisherman, could be important to confirm that a theory is wrong.* (student 1)

> *Technology is always changing; In the past they thought there is no life at great depths, but nowadays, because of new technology, they are able to reach those depths and find life there.* (student 2)

5. Discussion

Students considered the project popular and relevant for science learning. All of them stated that it was important not only for knowledge acquisition but also to the understanding of the nature of science. Students referred that the activities contributed to changing their vision about the development of scientific knowledge, namely the fact that it is always changing and undergoes several influences. In addition, they expressed that they were highly motivated by the activities, for its practical nature in one side, and for their innovative aspects, namely the use of the drawing task and the historical approach, on the other side, recognized the necessity to implement this kind of activities more often in science courses.

An aspect that is highlighted by this study is the fact that although students considered historical approach inclusion in science teaching as an important aspect that contributed to the promotion of changes in their views about how scientific knowledge develops, they admitted their general lack of attention to the history of science. They also noted that this issue is not regularly addressed in science classes, and when that happens, is only focused on the discovery itself, ignoring all the social environment contemporary to the discovery.

In spite of the fact that there are already many approaches to promote an integration of the history of science in science education, such as portraying famous scientists (Solomon 1991), presenting critical incidents in the form of vignettes (Wandersee 1992), or emulating critical experiments and developments (Klopfer and Cooley 1963), the strategies generally used in science classes seem to merely juxtapose the name of the scientists and respective discoveries with the contemporary knowledge, rather than engaging students in real critical reflexions about the development of scientific knowledge (e.g. Kafai and Gilliland-Swetland 2001; Wandersee 1985).

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

Moreover, the use of historical documents themselves, like the ones used in this set of activities, has been less well-known, partially because of the fear of their lack of physical and intellectual accessibility for young students (e.g. Kafai and Gilliland-Swetland 2001). However, in the activities presented in this work, all students were able to understand, analyse and discuss the documents used, despite the fact that they were written in the old-fashioned writing style characteristic of the Portuguese language at the end of the nineteenth century.

One fundamental aspect that emerged from this study is the possibility of the use of science museums as an excellent context to develop activities embedded by history of science, since many museums possess historical collections and documents that represent unique resources rarely available in schools. Several outcomes of this study indicate that engaging students in an activity that involves a field trip to a science museum, and extending it by adding an historical dimension, can constitute a compelling context for learning about scientific practices and concerns over time. The combination of all these seem to have created a rich environment for an active and meaningful learning of science by the students.

To achieve this partnership between formal and informal science education institutions, science museum and school staffs need to review their practices (Tal and Morag 2007; Bell et al. 2009). On one side, museum educators need to develop suitable strategies for facilitating student learning, and empower teachers to master strategies based upon unique museum resources (Chin 2004). On the other side, school teachers need to capitalize on the opportunities inherent in the museum free-choice learning environment, conducive to exploration and discovery (Falk and Dierking 2000; Griffin 2004; Mortensen and Smart 2007). To achieve these goals, suitable programs for both initial and in-service science teacher training are needed in order to guide teachers to design and implement effective visits and field trips and to naturally integrate informal resources and events into their practices (e.g. MacLeod and Keistead 1990; Chagas 1993; Chin 2004).

In addition, further research is needed on the potentialities of this type of approach. For instance, the activities proposed in this paper should be developed in more classes, and in different school levels and different social backgrounds, in order to evaluate their effectiveness in the promotion of an effective and solid foundation for scientific literacy.

6. Acknowledgements

Part of this study was supported by the European Commission (7th FWP) as part of the Project HIPST -History and Philosophy in Science Teaching. G. Pereira was supported by a grant from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BD/37140/2007). We thank the teacher and her class of students for participating in the research activities. We also thank to Aquario Vasco da Gama, to Drª Paula Leandro and Drª Teresa Bígio for their important collaboration in the development and application of the workshops.

7. References

Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G. 2000. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057–1095

Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A.W., Feder, M.A. 2009. *Learning Science in Informal Environments: People, Places and Pursuits.* Committee on Learning

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

Science in Informal Environments, National Research Council. Washington: National Academy Press

Braganca, C. de 1957. *Campanha Oceanographica de 1897 do Yacht Amelia*. Lisbon: Marinha Portuguesa.

Bybee, R.W., Powell, J.C., Ellis, J.D., Giese, J.R., Parisi, L., Singleton, L. 1991. Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education*, 75, 143–155

Chagas, I. 1993. Aprendizagem Não-Formal/Formal das Ciências. Relações entre os Museus de Ciência e as Escolas. *Revista de Educação*, III(1), 51–59

Chin, C.-C. 2004. Museum Experience - A Resource for Science Teacher Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 63–90

DeBoer, G.E. 2000. Scientific Literacy: Another Look at its Historical and Contemporary Meanings and its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582–601

Driver, R., Leach, J., Millar, R., Scott, P. 1996. *Young People's Images of Science*. Buckingham, England: Open University Press

Duggan, S., Gott, R. 2002. What sort of Science Education do we Really Need Quest. *International Journal of Science Education*, *24*(7), 661–680

Duschl, R.A. 1997. *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Nancea

Duschl, R.A. 2000. Making the Nature of Science Explicit. In: R. Millar, J. Leach, J. Osborn (Eds.) *Improving Science Education: The Contribution of Research* (pp 187–206). Buckingham, England: Open University Press

Falk, J.H., Dierking, L.D. 2000. *Learning from Museums: Visitors Experiences and their Making of Meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

Galvão, C., Abrantes, P. 2005. Physical and Natural Sciences – A New Curriculum in Portugal. In: P. Nentwig, D. Waddington (Eds.) *Making it Relevant. Context Based Learning of Science* (pp 175–194). Münster: Waxmann Verlag

Griffin, J. 2004. Research on Students and Museums: Looking Closely at the Students in School Groups. *Science Education*, 88 (suppl.1), S59–S70

Hodson, D. 1996. Laboratory Work as Scientific Method: Three Decades of Confusion and Distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135

Hodson, D. 1998. *Teaching and Learning Science: Towards a Personalized Approach*. Buckingham, England: Open University Press

Hurd, P. 1997. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, *82*(3), 407–416

Kafai, Y.B., Gilliland-Swetland, A.J. 2001. The use of Historical Materials in Elementary Science Classrooms. *Science Education*, 85(4), 349–367

Kisiel, J. 2006. An Examination of Fieldtrip Strategies and their Implementation within a Natural History Museum. *Science Education*, 90, 434–452

Klopfer, L.E. 1969. The Teaching of Science and the History of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 87–95

Klopfer, L.E., Cooley, W.W. 1963. The history of Science Cases for High School in the Development of Student Understanding of Science and Scientists. *Journal of Research for Science Teaching*, 1(1), 33–47

Kubota, C., Olstad, R. 1991. Effects of Novelty-Reducing Preparation on Exploratory Behavior and Cognitive Learning in a Science Museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 225–234

Lederman, N.G. 1992. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

Lederman, N.G. 2007. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: S.K. Abell, N.G. Lederman (Eds.) *Handbook of Research on Science Education* (pp 831–879). London: Lawrence Erlbaum Associates

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., Schwartz, R.S. 2002. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521

Lederman, N.G., O'Malley, M. 1990. Students' Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change. *Science Education*, 74, 225–239

Lombardi, O.I. 1997. La Pertinência de la Historia en la Enseñanza de Ciencias: Argumentos y Contraargumentos. *Enseñanza de las Ciências*, 15(3), 343–349

MacDonald, D. 1996. Making both the Nature of Science and Science Subject Matter Explicit Intents in Science Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 7, 183–196

MacLeod, B., Keistead, M. 1990. Museums and Schools: Partnership in Education. *Museum Quarterly*, 18(3), 17–22

Matthews, M.R. 1990. A Role for History and Philosophy of Science in Science Teaching. *Interchange*, 20(2), 3–5

Matthews, M.R. 1994. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge

Meichtry, Y.J. 1992. Influencing Student Understanding of the Nature of Science: Data from a Case of Curriculum Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 389–407

Millar, R., Osborne, J. 1998. *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: Kings College

Monk, M., Osborne, J. 1997. Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*, 81, 405–424

Mortensen, M.F., Smart, K. 2007. Free-choice Worksheets Increase Students' Exposure to Curriculum during Museum Visits. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1389–1414

Pereira, A.I., Amador, F. 2007. A História da Ciência em Manuais Escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 6(1), 191–207

Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J. III, Walberg, H.J. 1994. Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments. *Science Education*, 78, 345–363

Ryder, J. 2001. Identifying Science Understanding for Functional Scientific Literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1–44

Saldanha, L. 1996. Explorações Submarinas. In: D. Reis (Ed.) *D Carlos de Bragança – A Paixão do Mar* (pp 30–81). Lisbon: Parque Expo 98, Fundação da Casa de Bragança, Marinha Portuguesa

Solomon, J. 1991. Teaching about the Nature of Science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75(1), 95–103

Tal, T., Morag, O. 2007. School Visits to Natural History Museums: Teaching or Enriching? *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 747–769

Wandersee, J.H. 1985. Can the History of Science Help Science Educators Antecipate Students' Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581–597

Sci & Educ (2012) 21:813–826. DOI 10.1007/s11191-010-9239x

Wandersee, J.H. 1992. The Historicality of Cognition: Implications for Science Education Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 423–434

Weitzman, S.H. 2003. Illustrating Fishes. In: E.R.S. Hodges, S. Buchanan, J. Cody, T. Nicholson (Eds.) *The Guild Handbook of Scientific Illustration* (pp 365–384). New Jersey: Wiley

Yip, D.-Y. 2006. Using History to Promote Understanding of Nature of Science in Science Teachers. *Teaching Education*, 17(2), 157–166.

Apêndice B - Listagem dos Museus e Centros de Ciência da Região de Lisboa

Aquário Vasco da Gama

Centro Ciência Viva da Amadora

Centro Ciência Viva de Sintra

Museu Nacional de História Natural e de Ciência da Universidade de Lisboa

Oceanário de Lisboa

Pavilhão do Conhecimento

Planetário

Apêndice C - Questionário ao professor (Pavilhão do Conhecimento)

Nome da Escola:
Concelho:
Nível de escolaridade:

Exposições: Aprende □ Explora □ Matemática Viva □ K Nojo! □ Física dia a dia □
Numa escala de 1 a 5 atribua uma classificação em cada uma das questões, sendo estes valores correspondentes às seguintes apreciações:
1 – Muito Fraco 2 – Fraco 3 – Médio 4 – Bom 5 – Muito Bom

1. Desenvolvimento da Exposição visitada	1	2	3	4	5
1.1. Interesse do tema					
1.2. Interatividade da exposição					
1.3. Adequação dos módulos					
1.4. Informação fornecida em cada módulo					
1.5. Construção de novos conhecimentos					
1.6. Complemento das aprendizagens em sala de aula					
1.7. Despertar da vontade de saber mais					
1.8. Divertimento					

2. Preparação da visita	Sim	Não
2.1. Contactou o serviço educativo do Museu na preparação da visita?		
2.2. Efetuou a visita guiada para educadores ou professores?		
2.3. Efetuou o curso de formação organizado pelo Museu?		
2.4. Efetuou alguma visita prévia ao Museu organizada por si?		
2.4. Considera importante a realização desse contacto prévio?		
2.5. Preparou a visita de estudo com os seus alunos antes de a realizar?		

3. No final da visita pretende fazer uma avaliação aos seus alunos? sim □ não □
3.1. Se respondeu sim, assinale qual o tipo de avaliação que vai utilizar:
- Elaboração de um trabalho escrito sobre a visita
- Promoção de um debate sobre a visita
- Aplicação de um teste escrito
- Outra. Qual?

4. Indique dois objetivos que pretendia alcançar com esta visita de estudo
5. Sugestões para melhorarmos o nosso trabalho

No seguimento deste estudo sobre o papel dos museus na promoção da cultura científica irá decorrer um momento de entrevistas aos docentes no sentido de compreender a ligação entre as aprendizagens efetuadas durante uma visita de estudo e aquelas que se realizam no contexto de sala de aula:
Estaria disposto a responder a essa entrevista? Sim □ Não □
Se sim, e-mail de contacto:

Agradecemos a sua colaboração.

Apêndice D - Questionário ao Professor (Aquário Vasco da Gama)

Nome da Escola:
Concelho:
Nível de escolaridade:
Tema escolhido para a visita:

Numa escala de 1 a 5 atribua uma classificação em cada uma das questões, sendo estes valores correspondentes às seguintes apreciações:

1 – Muito Fraco 2 – Fraco 3 – Médio 4 – Bom 5 – Muito Bom

1. Desenvolvimento da atividade	1	2	3	4	5
1.1. Interesse do tema					
1.2. Construção de novos conhecimentos					
1.3. Complemento das aprendizagens em sala de aula					
1.4. Despertar da vontade de saber mais					
1.5. Divertimento					

2. O que pensa do desenvolvimento desta visita em termos de:
2.1. Duração Adequada □ Curta □ Longa □
2.2. Linguagem utilizada Adequada □ Desadequada □

3. Considera importante a visita ter sido guiada? Sim □ Não □
4. Considera importante a apresentação multimédia? Sim □ Não □

3. Preparou a visita de estudo com os seus alunos antes de a realizar? Sim □ Não □
4. No final da visita pretende fazer uma avaliação aos seus alunos? Sim □ Não □
4.1. Se respondeu sim, assinale qual o tipo de avaliação que vai utilizar:
- Elaboração de um trabalho escrito sobre a visita
- Promoção de um debate sobre a visita
- Aplicação de um teste escrito
- Outra. Qual?

5. Indique dois objetivos que pretendia alcançar com esta visita de estudo

6. Sugestões para melhorarmos o nosso trabalho

No seguimento deste estudo sobre o papel dos museus na promoção da cultura científica irá decorrer um momento de entrevistas aos docentes no sentido de compreender a ligação entre as aprendizagens efetuadas durante uma visita de estudo e aquelas que se realizam no contexto de sala de aula:
Estaria disposto a responder a essa entrevista? Sim □ Não □
Se sim, e-mail de contacto:

Agradecemos a sua colaboração

Apêndice E - Questionário ao aluno (Aquário Vasco da Gama)

Nome da Escola:
Ano de escolaridade:
Idade:
Sexo: feminino □ masculino □

1. Na tua opinião, os temas abordados nesta visita estão relacionados com o programa de Ciências que estás a ter na escola?
Sim □ Não □

2. Consideras que a tua participação nesta visita te ajudou:

2.1. A compreender melhor a matéria de Ciências?
Sim □ Não □

2.2. A aprender novos assuntos?
Sim □ Não □

2.3. A ter vontade de saber mais?
Sim □ Não □

3. Consideras que esta visita foi divertida?
Sim □ Não □

4. O que gostaste mais de aprender nesta visita?

5. O que gostaste menos desta visita?

6. Se pudesses dar uma nota final a esta visita, como a classificarias?
□ Muito Fraco □ Fraco □ Razoável □ Bom □ Muito Bom

7. O que sugeres para que esta visita se torne:

7.1. mais divertida

7.2. te permita aprender mais

Agradecemos a tua colaboração

Apêndice F - Questionário ao Monitor (Aquário Vasco da Gama)

Nome da Escola:
Nível de escolaridade:
Tema escolhido para a visita:

1. Considera que a visita de estudo foi positiva em termos de:

1.1. Interesse dos alunos	Sim □	Não □
1.2. Participação dos alunos	Sim □	Não □
1.3. Preparação prévia dos alunos	Sim □	Não □
1.4. Comportamento dos alunos	Sim □	Não □
1.5. Comportamento dos professores	Sim □	Não □

Justifique no caso de resposta negativa

2. Que dificuldades sentiu no decorrer da visita de estudo?

Agradecemos a sua colaboração

Apêndice G - Entrevista ao Responsável pelo Sector Educativo (Aquário Vasco da Gama)

1. Qual a sua formação académica?

2. Há quanto tempo trabalha na área de educação em museus de ciência?
   - Neste museu? (se noutro, indique qual)

3. Já desempenhou alguma outra atividade pedagógica? Se sim, indique qual.

4. Qual o papel que procura desempenhar como responsável pela área de educação?

5. Como se sente nesse papel?

6. Porque é que escolheu esta área?

7. Na sua opinião qual o papel que os museus de ciência poderão desempenhar na aprendizagem em ciências?
   a. Devem servir como complemento às aprendizagens da escola?
   b. Devem sobrepor-se às aprendizagens da escola?
   c. Devem ser independentes das aprendizagens da escola?
   d. Outro. Qual?
8. O que considera ser único na aprendizagem em museus comparativamente ao ambiente de sala de aula?

9. O que considera que os professores procuram numa visita de estudo guiada?

10. O que considera que os alunos procuram numa visita de estudo guiada?

11. Em que é que se baseia para planear uma visita de estudo?

12. Que estratégias utiliza durante uma visita de estudo?

13. Que vantagens considera existir numa visita de estudo guiada (comparativamente a uma visita de estudo não-guiada)

14. Que dificuldades sente no planeamento de uma visita de estudo?

15. O que considera que geralmente corre bem nas visitas de estudo guiadas? Justifique.

16. O que considera que geralmente corre mal nas visitas de estudo guiadas? Justifique.

Agradecemos a sua colaboração

Apêndice H - Questionário Online aos Professores

Pretende-se determinar quais os objetivos, dificuldades e expectativas de todos os intervenientes nas visitas de estudo aos museus de ciência (técnicos do museu, professores e alunos), de forma a poder sugerir e implementar estratégias que promovam uma maior continuidade entre as aprendizagens efetuadas nestas instituições e aquelas que se realizam no contexto formal de sala de aula.
Para que este trabalho seja possível é de todo imprescindível a participação dos docentes - do 1º, 2º, 3º Ciclos ou do Secundário - que lecionam as disciplinas de Ciências ou temáticas associadas a esta área, pelo que solicitamos e agradecemos a sua colaboração através do preenchimento do questionário que se segue.

1. Qual a sua formação académica?

2. Quantos anos de serviço tem?

3. Atividade profissional:
    a. Cargos que desempenha
    b. Número de anos de ensino na escola atual
    c. Níveis de ensino e disciplinas que leciona

4. Qual o papel que procura desempenhar como professor/educador?

5. Como se sente nesse papel?

6. Que tipo de estratégias utiliza na sua disciplina?
    a. Ensino expositivo
    b. Leitura de manual escolar
    c. Discussão em pequeno grupo
    d. Discussão em grande grupo (turma)
    e. Visitas de estudo
    f. Trabalho prático de investigação
    g. Trabalho de laboratório
    h. Discussão de artigos de jornal ou revistas
    i. Discussão de casos polémicos
    j. Outras. Quais?

7. Que tipo de materiais utiliza na sua disciplina?
    a. Manual escolar
    b. Protocolos experimentais
    c. Outros livros técnicos
    d. Materiais de divulgação de informação (jornais, revistas)
    e. Pesquisa na Internet
    f. Outros. Quais?

8. Que ideia da ciência pretende que os seus alunos construam?

9. Na sua opinião qual o papel que os museus de ciência poderão desempenhar na aprendizagem das ciências?
    a. Devem servir como complemento às aprendizagens da escola?
    b. Devem sobrepor-se às aprendizagens da escola?
    c. Devem ser independentes das aprendizagens da escola?
    d. Outro. Qual?

10. Costuma realizar visitas de estudo a museus de ciência? (se sim, dê 3 exemplos)

11. O que considera ser único na aprendizagem em museus comparativamente ao ambiente de sala de aula?

12. Que competências considera importante desenvolver numa visita de estudo a um museu de ciências?

13. Costuma recorrer a visitas guiadas e/ou não guiadas? Justifique a sua escolha.

14. Em que é que se baseia para planear o tema de uma visita de estudo?

15. De que forma essa visita de estudo é trabalhada/avaliada na sala de aula (dê exemplos concretos)
    a. Antes da visita
    b. Depois da visita

16. O que considera que geralmente corre bem nas visitas de estudo guiadas? e nas não guiadas? Justifique.

17. O que considera que geralmente corre mal nas visitas de estudo guiadas? e nas não guiadas? Justifique.

Agradecemos a sua colaboração

Apêndice I – Questionário Online aos Formandos (CCVA)

Centros e Museus de Ciência como Centros de Recursos para o Ensino Experimental das Ciências

Ano de escolaridade que leciona:

Assinale com um X no quadrado que melhor traduz a sua opinião.

1. Razões para ter frequentado esta ação de formação:	Sim	Não
1.1. É uma acção de poucas horas		
1.2. Corresponde a uma necessidade de formação pedagógica		
1.3. Corresponde a uma necessidade de formação científica		
1.4. É uma acção creditada		
1.5. É um tema inteiramente novo		
1.6. Acompanhar outros colegas		

1.7. Indique outras razões:

2. Visitas de estudo organizadas pela Escola	Sim	Não
Já tinha efetuado visitas de estudo a Museus/Centros de ciência, **organizadas por si,** antes desta formação?		

2.1. **Se respondeu SIM**, dê um exemplo de um Museu/Centro que tenha visitado com os seus alunos (e cuja visita tenha sido organizada por si)

2.2. **Se respondeu NÃO, assinale as razões**:	Sim	Não
2.2.1. É difícil organizar uma visita de estudo a um Museu/Centro de ciência por desconhecer as exposições que lá existem		
2.2.2. É difícil organizar uma visita de estudo a um Museu/Centro de ciência devido à complexidade dos conteúdos científicos envolvidos		
2.2.3. É difícil organizar uma visita de estudo a um Museu/Centro de ciência devido às horas extra de trabalho que exige		
2.2.4. É difícil organizar uma visita de estudo a um Museu/Centro de ciência que promova a participação de todos os meus alunos		

Indique outras razões:

3. Considera que depois desta ação:	Sim	Não
3.1. Ficou com vontade de organizar visitas de estudo a Museus/Centros de ciência		
3.2. Sente maior facilidade em organizar visitas de estudo a Museus/Centros de ciência		
3.3. Continua a sentir dificuldade em organizar visitas de estudo a Museus/Centros de ciência		

Escala: 1=Mínimo e 4= Máximo

4. Classifique os temas/conteúdos da ação em relação a:	1	2	3	4
4.1. Interesse				
4.2. Compreensão				
4.3. Aplicabilidade em contexto escolar				
4.4. Aplicabilidade a outros Museus/Centros de ciência				
4.4. Pertinência com vista à formação científica				
4.5. Pertinência com vista à formação pedagógica				

5. Na sua opinião:

5.1. Quais são os aspetos a que esta ação não deu resposta?

5.2. O que considera que se alterou na sua perspetiva acerca da organização de visitas de estudo a Museus/Centros de ciência?

Obrigado pela sua colaboração.

Apêndice J – Entrevista ao Professor (Atividade D Carlos)

1. Como carateriza a escola e a turma envolvida nas atividades?
2. Qual considera ser a principal finalidade do ensino das ciências?
3. Quais são as principais estratégias que costuma utilizar nas aulas de ciência? E que recursos utiliza?
4. Costuma realizar trabalho prático? Se sim, de que tipo? E visitas de estudo? Indique quais as visitas de estudo que já realizou com esta turma?
5. Essas atividades são avaliadas? De que forma?
6. Já realizou com esta turma alguma atividade que envolvesse a história da ciência? Se sim, qual e como decorreu?
7. Qual o impacto que este tipo de atividades tem nos alunos?
8. Na sua prática letiva, procura estabelecer alguma ligação com o quotidiano dos alunos? De que forma?
9. Porque razão aceitou envolver-se nesta atividade?
10. Que dificuldades sentiu com a implementação desta atividade?
11. Quais os aspetos positivos desta atividade? E quais os negativos?
12. Que apreciação faz do conjunto da atividade? Considera que os alunos se envolveram? E aprenderam?
13. Pretende desenvolver mais atividades deste tipo?

Apêndice L - Questionário aos alunos (Atividade D Carlos)

Por favor, assinale com um X a opção com a qual concorda mais:
1-Concordo totalmente; 2-Concordo parcialmente; 3-Não concordo nem discordo; 4-Discordo parcialmente; 5-Discordo totalmente

	Afirmações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Aprender ciências é interessante quando envolve discussão de temas históricos relacionados com ciência.					
2	Aprender ciências é interessante quando vemos como os cientistas trabalham.					
3	Quando tenho que pensar bastante, as aulas de ciências tornam-se mais interessantes					
4	Eu acho importante realizar mais atividades como esta.					
5	Realizar mais atividades deste tipo tornaria a aprendizagem de ciência mais interessante para mim.					
6	Os desenhos que tive de fazer nestas atividades ajudaram-me a conhecer melhor os organismos.					
7	Com estas atividades fiquei mais atento às características dos organismos vivos.					
8	Com estas atividades aprendi a observar melhor os organismos vivos.					
9	Com estas atividades aprendi a descrever um organismo.					
10	A utilização do desenho de observação tornou as atividades mais interessantes.					
11	Com estas atividades compreendi como utilizar critérios de classificação.					
12	O tema histórico abordado nestas atividades ajudou-me a compreender a forma como se faz ciência.					
13	As atividades realizadas permitiram-me compreender como se constrói o conhecimento.					
14	Estas atividades permitiram-me compreender a influência da sociedade na evolução do conhecimento científico.					
15	Enquadrar as atividades num contexto histórico tornou-as mais interessantes.					
16	As discussões realizadas nestas atividades foram importantes para o desenvolvimento do meu raciocínio.					
17	Estas atividades fizeram-me pensar bastante					
18	As atividades encorajaram-me a partilhar as minhas ideias com os colegas.					
19	As atividades encorajaram-me a fazer perguntas.					
20	As atividades realizadas permitiram-me participar ativamente.					

Apêndice M – Entrevista em Grupo Focado aos Alunos (Atividade D Carlos)

1. Consideram que o que fizeram é útil para a aprendizagem da biologia?

2. O que é que vocês aprenderam relativamente à sistemática e classificação dos seres vivos?

3. O que aprenderam em relação à oceanografia? Já tinham ouvido falar?

4. O que acham que mudou em termos das ideias que tinham acerca da construção do conhecimento científico; mudaram a vossa visão em termos de como se constrói o conhecimento científico?

5. Como acham que evoluiu a vossa maneira de ver como se faz ciência? E sobre os métodos utilizados para fazer ciência?

6. Qual das atividades gostaram mais? O que gostaram dentro de cada uma?

7. Analisando toda a atividade que realizaram, o que propunham para alterar no sentido de gostarem mais de as realizar

8. É costume fazerem este tipo de atividades sobre história da ciência? Acham que é importante para vos motivar? E para aprender mais sobre a ciência?

Apêndice N - Classificação dos Módulos Observados (Pavilhão do Conhecimento)

A) Exposição "KNojo!"

(1) Preparações microscópicas

Presença de dois microscópios onde se encontram diferentes preparações onde se podem observar elementos que ficam presos no ranho e os ácaros do pó aumentados.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Observação

(2) O Sr Narigudo Sá Betudo

Este módulo consiste numa figura que fornece algumas explicações científicas acerca de alguns fenómenos relacionados com o nariz, nomeadamente acerca dos espirros, das alergias e do muco. Cada uma destas explicações é fornecida através de botões distintos.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Transmissivo

(3) Ouve o teu corpo

Neste módulo, submetido à temática "Porque é que o teu corpo faz barulhos?" e que consiste num boneco com quatro botões espalhados pelo corpo, o visitante pode ouvir o barulho do coração a bater, do estômago a roncar, da deglutição e da respiração (carregando em cada um dos botões). Nas informações escritas são apresentadas algumas explicações (por exemplo: o som do coração a bater deve-se ao som produzido pelo fecho das válvulas) e curiosidades acerca destes diferentes órgãos.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Manipulação

(4) Espreita lá para dentro

Neste módulo, submetido à temática "Sabes como funciona o teu sistema digestivo?", o visitante terá de se encostar à figura presente no local e pressionando um botão (para iniciar) observa uma simulação de uma TAC ao aparelho digestivo, sendo fornecidas informações áudio e vídeo acerca do processo de digestão (acompanhando a passagem dos alimentos pelo sistema gastrointestinal).

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Transmissivo

(5) Cheiras mal

Neste módulo, centrado na produção de odores pelo corpo humano, é solicitado ao visitante que associe quatro odores corporais à respetiva área do corpo de onde provém. O módulo apresenta um painel informativo com algumas curiosidades acerca deste assunto.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Observação

(6) O jogo do xixi

Este módulo consiste num jogo, submetido ao tema "Sabes para que servem os teus rins?", no qual o visitante assume o papel de um rim que tem de "agarrar" (através de um vídeo) os resíduos que não interessam ao organismo e retirá-los do sistema sanguíneo. Quantos mais resíduos apanhar, mais pontos acumula. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca destes órgãos.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Lúdico

(7) Escorrega pelas entranhas

Este módulo, centrado nos órgãos que fazem parte do sistema digestivo, consiste numa representação em escala muito aumentada, da boca, língua e intestino. O visitante entra pela boca, sobe pela língua e escorrega pelos intestinos. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca destes órgãos.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Descontração

(8) Volta ao nariz

Neste módulo, onde se pretende representar um nariz gigante, pretende-se que o visitante se desloque no seu interior passando pelos diferentes componentes que fazem parte do nariz (pelos, septo nasal, muco, etc.). O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca deste órgão.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Descontração

(9) O homem dos arrotos

Este módulo, submetido ao tema "O que é que te faz arrotar?", consiste numa figura a beber uma bebida gaseificada. O visitante, através da manipulação de uma manivela faz aumentar a pressão do gás no interior do estômago da figura de forma a provocar um arroto. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca deste fenómeno.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Manipulação

(10) Vamos jogar ao KNojo!

Este módulo consiste num jogo (quizz) que põe à prova os conhecimentos do visitante sobre todas as coisas "nojentas" que acontecem no organismo. Consiste na apresentação de uma série de perguntas às quais o visitante terá de responder selecionando a resposta certa.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Lúdico

(11) Ataque de gases

Este módulo consiste num jogo de flippers, cujo objetivo é colecionar os alimentos que mais gases provocam. No início e no fim do jogo é fornecida alguma informação acerca do jogo e no painel informativo é fornecida alguma informação e curiosidades acerca deste fenómeno.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Lúdico

(12) Pum Pruum

Este módulo versa sobre a razão de se darem puns ruidosos ou silenciosos, abordando as questões relacionadas com a vibração e a pressão do ar na produção de sons. O visitante terá de pressionar uma membrana de borracha dos tubos presentes no módulo de forma a produzir ruídos diferentes. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca deste fenómeno.

Classificação: Baseado numa analogia/Manipulação

(13) Pelo nariz acima

Este módulo, centrado nas questões relacionadas com o espirro, consiste num jogo tiro ao alvo. O visitante terá de disparar bolas (que representam as diferentes partículas existentes no ar) para dentro de um nariz gigante, que quando está cheio espirra devolvendo-as. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca deste fenómeno.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Lúdico

(14) Escalar a pele

Este módulo consiste numa parede, que representa a pele com todas as suas imperfeições, que terá de ser escalada. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca da pele.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Descontração

(15) Centro de vómito

Este módulo, submetido ao tema “Sabes porque é que vomitas?” consiste numa figura animada que dá informações acerca deste fenómeno, quando solicitada para tal (pelo acionamento de um botão). O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação e curiosidades acerca deste fenómeno.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Transmissivo

(16) Pacientes por favor

Este módulo consiste num jogo, no qual o visitante é convidado a desempenhar o papel de médico, e descobrir o que existe por debaixo da pele. Para isso terá de colocar determinados ossos e órgãos, colocando-os nos locais adequados.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Lúdico

B) **Exposição "Explora"**

(1) Tornado

Este módulo consiste num conjunto de ventoinhas que simulam a deslocação de ar numa tempestade, criando um tornado em miniatura. O visitante tem oportunidade de interagir com o módulo, através de quatro tubos verticais de alumínio, onde pode sentir o ar que sai por eles e interferir com o tornado – soprando ou passando a mão através dele. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno natural (formação de tornados).

Classificação: Baseado numa analogia/Espetacular

(2) Ora jovem ora velha

Este módulo consiste em duas imagens invertidas de uma mulher em discos giratórios. O visitante é convidado a girar os discos de forma a coloca-los direitos e a comparar a diferença dos dois rostos (que quando invertidos pareciam iguais). O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno relacionado com a perceção dos traços individuais realizada pelo cérebro humano.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Discreto

(3) Pêndulo caótico

Este módulo consiste num pêndulo grande associado a pêndulos mais pequenos. O visitante é convidado a girar uma maçaneta e a observar o movimento oscilante dos braços (que é caótico e imprevisível). O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno físico (Movimento pendular).

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Discreto

(4) Ponto esbatido

Neste módulo o visitante é convidado a olhar fixamente para pontos com diferentes cores no ecrã, a diferentes distâncias e por diferentes tempos e comparar o esbatimento da forma e da cor. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno, nomeadamente acerca da informação que chega ao cérebro.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Discreto

(5) Tempestade fluvial

Este módulo consiste numa esfera com água que pode ser manipulada de forma a criar remoinhos na areia. O visitante é convidado a fazer girar a esfera a diferentes velocidades e em ambas as direções. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno natural, nomeadamente acerca da formação de dunas.

Classificação: Baseado numa analogia/ Espetacular

(6) Onda estacionária

Este módulo consiste numa mola com um mecanismos associado que permite controlar o início e a frequência da sua vibração. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno físico, nomeadamente acerca da formação de ondas vibratórias e estacionárias.

Classificação: Baseado numa analogia/Discreto

(7) Disco de Benham

Este módulo consiste num disco giratório com um padrão de preto e branco. O Visitante é convidado a fazer girar o disco a diferentes velocidades e a analisar que cores observa dentro do disco. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno de ilusão relacionado com a visão humana.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Discreto

(8) Paisagem eólica

Este módulo representa uma paisagem dunar em miniatura. O visitante é convidado a controlar a direção de onde sopra o vento (através de uma ventoinha) e a observar a mudança na forma das dunas. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno natural de formação de dunas.

Classificação: Baseado numa analogia/Espetacular

(9) Ecrã de alfinetes

Este módulo consiste numa rede de alfinetes suspensos que oscilam ao movimento das mãos refletindo diferentes padrões de luz e cor. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca do fenómeno associado à reflexão da luz.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Espetacular

(10) Corpúsculo do olho

Neste módulo, que representa o olho humano, o visitante é convidado a olhar por um óculo e observar o movimento das partículas brilhantes causadas pela luz que se reflete nas células sanguíneas dos capilares da retina do olho. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno associado à circulação sanguínea no olho humano.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Espetacular

(11) Corda vibrante

Este módulo consiste numa corda em vibração. O visitante é convidado a mudar a tensão na corda criando padrões nas suas vibrações. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno físico, nomeadamente acerca da formação de ondas vibratórias e estacionárias.

Classificação: Baseado numa analogia/Espetacular

(12) Película de sabão

Este módulo consiste numa vareta imersa em líquido com sabão que pode ser puxada de forma a formar uma película de sabão e água. O visitante é convidado a observar as diferentes cores que surgem com a ondulação da película. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca do fenómeno associado à reflexão da luz.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Espetacular

(13) Pupila

Neste módulo o visitante é convidado a observar as mudanças de tamanho da sua pupila perante diferentes quantidades de luz. O módulo apresenta um painel informativo com alguma informação acerca deste fenómeno associado ao olho humano.

Classificação: Exemplificativo de um fenómeno revelado pelos sentidos/Discreto