Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Construção de práticas de referência no Ensino da Física para o Ensino Secundário

- Versão Definitiva-

Tese de Doutoramento em Didática de Ciências e Tecnologia

Ana Edite Rua Miguel Cunha

Orientador: Professor Doutor Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes



Vila Real, 2015

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Construção de práticas de referência no Ensino da Física para o Ensino Secundário

Tese de Doutoramento em Didática de Ciências e Tecnologias

Ana Edite Rua Miguel Cunha

Orientação:
Professor Doutor Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes

Composição do júri:

_____

_____

_____

_____

_____

Vila Real, 2015

Estrutura da Documentação

Texto da Tese	Página
Quadro com a Estrutura da tese	v
Agradecimentos	vii
Resumo	xi
Abstract	xiii
Índice Geral	xvi
Índice de Tabelas	xix
Índice de Figuras	xx
Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Fundamentação do estudo	11
Capítulo 3: Descrição do estudo	67
Capítulo 4: Apresentação de resultados	109
Capítulo 5: Discussão dos resultados	171
Capítulo 6: Principais conclusões	189
Capítulo 7: Limitações do estudo e novas perspectivas de trabalho	199
Referências Bibliográficas	203

Anexos em CD ROM

A- Fichas Experimentais
B- Narrações multimodais
C- Análise Narrações Multimodais – Nvivo 8®
D- Dinâmicas de interação
E- Análise de *clusters*
F- Percurso Profissional

Lista de siglas

CF	Ciências Físicas
NM	Narração Multimodal
PE	Práticas Epistémicas
QI	Questão de investigação
SC	Simulação computacional
TD	Tarefa Desafio
TE	Trabalho experimental
T	Tipo de tarefa

Agradecimentos

Começo por agradecer ao Professor Bernardino Lopes pela forma empenhada e competente com que acompanhou o desenvolvimento do trabalho. Por todos os apoios e estímulos que sabiamente me deu ao longo do tempo, pela confiança que sempre demonstrou, pela amizade que sempre senti.

Ao Professor Cravino por todo o apoio e amizade.

À Carla Santos, pelos encorajamentos, pela amizade e pela imprescindível colaboração.

Às colegas da UTAD, ao Alexandre, à Clara Viegas, à Elisa Saraiva, à Júlia e à Adília Silva, pela boa disposição que sempre proporcionam e pelo exemplo de companheirismo.

A todos colegas da Escola e aos meus alunos, em particular aos dos anos em que se desenvolveu a investigação, pela oportunidade que me deram de aprender com eles.

A todos os amigos e amigas que sempre tiveram uma palavra de incentivo e de encorajamento.

À minha família, ao Boaventura, à Ana Sofia e ao Paulo André, pelos incentivos, pela paciência e pelo carinho que me deram sempre.

“Aquele que ao rever o antigo conhece o novo,
é apto para ensinar.”

Confúcio (551 a.c.-479 a.c.)

Resumo

Este estudo foca-se no desenvolvimento profissional de uma professora interessada em melhorar a qualidade das práticas de ensino ao longo de vários anos. Em particular, centra-se no desenho das tarefas e no trabalho experimental, bem como no papel mediador da professora na qualidade das aprendizagens dos alunos.

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

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

1. Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

2. Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

3. Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?

Foi seguida uma metodologia de investigação longitudinal durante 10 anos de natureza qualitativa baseada num estudo de caso, a partir de uma abordagem curricular em Física e Química A do Ensino Secundário: caso da professora investigadora e as suas turmas ao longo do tempo. Assumiu ainda uma dinâmica de investigação-acção na medida em que procurou valorizações incrementais, fundamentadas na acção e na reflexão, ao longo do tempo.

O estudo empírico em sala de aula foi realizado em três turmas de 10º ou 11º ano, da professora investigadora, desde 2005/2006 a 2011/2012, numa Escola em Vila Real.

A recolha e análise de dados foi feita em duas vertentes: dados do percurso profissional da professora investigadora desde 2004 a 2014 e dados das práticas de ensino e das aprendizagens dos alunos ao longo do tempo.

A partir dos dados das práticas de ensino (registo de observações, gravações áudio, materiais produzidos pelos alunos, cadernos dos alunos, fichas de trabalho, imagens do quadro, etc.), produziram-se narrações multimodais das aulas que depois de validadas por terceiros foram analisadas com recurso ao *software* Nvivo 8® para análise de conteúdo.

A análise dos dados recolhidos, sobre as práticas de ensino e das aprendizagens dos alunos ao longo do tempo e sobre o percurso profissional do professor, bem como a interpretação

dos resultados obtidos com base na literatura, permitiu-nos obter resultados para as três QI e formular as seguintes conclusões:

(I) Relativamente às relações entre práticas de ensino e envolvimento e práticas epistémicas

(a) Identificaram-se novos traços das práticas de ensino (para além dos conhecidos na literatura) que promovem o envolvimento produtivo dos alunos;

(b) Há formas específicas e diversas de manter a tarefa como desafio;

(c) É possível passar de padrões de mediação mais básicos para padrões de mediação mais efectivos na promoção do envolvimento produtivo dos alunos e das práticas epistémicas do aluno;

(d) Há traços da mediação ligados à intencionalidade epistémica do professor, responsáveis pelas mudanças qualitativas nos padrões da mediação com impacte nas PE.

(II) Relativamente às mudanças nas práticas de ensino

(a) O desenho das tarefas teve mudanças subtis. No entanto, estas alterações foram suficientes para provocar uma mediação do professor diferente com consequências nas PE dos alunos e o seu envolvimento produtivo;

(b) As práticas de ensino foram-se alterando ao longo dos anos do estudo com a introdução sucessiva e cumulativa de novos traços;

(c) O esforço do professor passou de desencadear o envolvimento dos alunos para potenciar o envolvimento produtivo;

(d) A qualidade e quantidade das PE dos alunos aumenta ao longo dos anos de intervenção e está muito ligada com a formulação das tarefas e alterações na mediação do professor;

(e) Os traços fundamentais para haver mudança qualitativa na mediação do professor com impacte nas PE dos alunos foram incorporados sucessivamente.

(III) Relativamente aos factores de desenvolvimento profissional

O desenvolvimento profissional do professor teve origem em 6 factores: (a) construção e análise das narrações multimodais; (b) reflexões feitas ao longo do tempo; (c) ciclos repetidos de investigação-acção; (d) elaboração e refinamento das tarefas; (e) participação em projectos de investigação; e (f) introdução e uso de artefactos e representações visuais.

Palavras-chave: desenvolvimento profissional, práticas de ensino, perfil de mediação, práticas epistémicas, envolvimento produtivo, traços de mediação eficazes.

Abstract

This study focuses on the professional development of a teacher that is interested in improve the quality of teaching practices over several years. In particular, focuses on the tasks design and experimental work, as well as role of teacher's mediation in the quality of student learning.

The research problem was how the teacher can promote self-directed professional development, so that the quality of teaching practices in classroom of a teacher of Physical Sciences is manifested in the design of experimental tasks and the teacher's mediation in classroom to influence the quality of students' learning, particularly in terms of their engagement in tasks and epistemic practices.

In particular, to answer the following research questions:

1. Which are the relations between the patterns of teaching practices (tasks and mediation) and the students' engagement and the epistemic practices?

2. What traits of teaching practices (design of tasks and effective mediation) have changed over time?

3. What factors influence the professional development with impact on teaching practices?

It was followed a longitudinal research methodology during 10 years based on a qualitative case study, from a curricular approach in Physics and Chemistry of Secondary Education: the case of teacher-researcher and his classes over time. It was also assumed a dynamic of action-research to search incremental valorizations, based on action and reflection, over time.

The empirical study in the classroom was conducted in three groups of 10^{th} or 11^{th} years, the teacher-researcher, from 2005/2006 to 2011/2012, in a school of Vila Real.

The data collection and analysis was done in two ways: data from professional pathway from teacher-researcher from 2004 to 2014 and data of teaching practices and student learning over time.

From the data of teaching practices (records of observations, audio recordings, materials produced by the students, student notebooks, worksheets, blackboard images, etc.), were produced multimodal narratives from the lessons that after validated by third parties were analyzed using the Nvivo 8® software for content analysis.

The analysis of data collection of teaching practices and students' learning over time and the teacher professional pathway, as well as the interpretation of the obtained results based on

the literature, allowed us to obtain results to the three research questions and formulated the following conclusions:

(I) Relatively to the relations between the teaching practices, and engagement and epistemic practices

(a) were identified new traits of teaching practices (beyond those known in the literature) that promote students' engagement productive;

(b) There are specific and different ways to keep the task as a challenge;

(c) It was possible pass of most basic mediation patterns to more effective mediation patterns in the promotion of students' productive engagement and the epistemic practices;

(d) There are traites of mediation linked to teacher's epistemic intentionality, responsible for qualitative changes in the mediation patterns with impact on PE.

(II) Relatively to the changes in teaching practices

(a) The task design had subtle changes. However, these changes were enough to trigger a different teacher's mediation with consequences for student's epistemic practices and their productive engagement;

(b) teaching practices were changed over the years of the study with introduction of successive and cumulative of new traits;

(c) The teacher's effort change to trigger the students' engagement to potentiate the productive engagement;

(d) The quality and quantity of students' epistemic practices increased over the years of intervention and is very linked with the formulation of tasks and changes in teacher's mediation;

(e) The main traits to have qualitative change in the teacher's mediation with impact on students' epistemic practices were incorporated successively.

(III) Relatively professional development factors

The teacher professional development had origin in six factors: (a) construction and analysis of multimodal narratives; (b) reflections made over time; (c) repeated cycles of research-action; (d) development and refinement of tasks; (e) participation in research projects; and (f) introduction and use of artefacts and visual representations.

Keywords: professional development; teaching practices; mediation profile; students' epistemic practices; productive engagement; effective mediation traits.

Índice Geral

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Contextualização do trabalho 1
1.1.1 Abordagens ao problema na literatura 4
1.1.2 Relevância do problema 6
1.2 Apresentação do Estudo 7
1.2.1 Foco, problema, questões de investigação e objectivos do estudo 8
1.2.2 Um olhar pelos capítulos da tese 9
2 FUNDAMENTAÇÃO DO ESTUDO 11
2.1 Desenvolvimento profissional 11
2.1.1 NM e desenvolvimento profissional 14
2.1.2 Reflexão sobre as práticas de ensino 20
2.1.3 Importância do desenvolvimento profissional para a qualidade das práticas de ensino 22
2.1.4 Self-direct teacher profissional development 23
2.2 Práticas de ensino 24
2.2.1 Relação entre a Investigação em Didáctica das Ciências e as Práticas de Ensino dos Professores de Ciências nas Escolas 27
2.2.2 Contributos da Investigação para as Práticas de Ensino 30
2.2.3 Planeamento do ensino 35
2.2.4 Práticas de estudo dos alunos 37
2.3 A influência das práticas de ensino no envolvimento dos alunos e nas práticas epistémicas 38
2.3.1 O papel das tarefas na aprendizagem 40
2.3.2 O papel dos alunos na realização e/ou problematização das tarefas 42
2.3.3 O papel da mediação e da autonomia na realização de tarefas 44
2.3.4 A mediação do professor para o envolvimento dos alunos 46
2.3.5 A mediação do professor e as práticas epistémicas 48
2.4 A contribuição do trabalho experimental para o ensino de Ciências Físicas 52
2.4.1 A Simulação Computacional no Ensino da Física e da Química 61
2.4.2 O trabalho experimental no Ensino da Física e da Química 53
3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO 67
3.1 Design do estudo e caracterização sumária do estudo de caso 67

3.1.1 Projeto tarefa experimental e abordagem de ensino 71
3.1.2 Desenho da mediação do professor 75
3.2 Caracterização do caso de investigação-acção 76
3.2.1 Caracterização do professor, turmas e escola 77
3.2.2 Percurso Profissional do professor investigador 79
3.2.2.1 Interação com colegas da mesma disciplina 84
3.2.2.2 Reflexão sobre as práticas 85
3.2.2.3 Participação em projetos de investigação 85
3.3 Recolha e tratamento de dados 87
3.3.1 Recolha de dados ao longo da investigação 88
3.3.2 Construção das Narrações Multimodais 90
3.4 Análise dos dados 92
3.4.1 Esforço do professor e envolvimento dos alunos 95
3.4.2 Esforço do Professor e as Práticas Epistémicas 99
3.4.3 Análise das tarefas 105
3.4.4 Análise sobre desenvolvimento profissional 107
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 109
4.1 Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas? 109
4.1.1 Características da mediação do professor relevantes para envolverem produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental 110
4.1.1.1 Caracteristicas dos esforços do professor para envolver os alunos produtivamente. 112
4.1.1.2 Relação entre os esforços do professor para promover o envolvimento dos alunos produtivamente e o envolvimento produtivo dos alunos ao longo das 3 intervenções. 119
4.1.2 Relação entre as características de mediação e as PE dos alunos e sua evolução ao longo das três intervenções 127
4.1.3 Variáveis do esforço do professor que promovem as Práticas Epistémicas dos alunos 133
4.1.3.1 Explicitar epistemicamente 140
4.1.3.2 Valorizar epistemicamente 142
4.1.3.3 Sintetizar 144

4.1.3.4 Como os artefactos e as representações visuais foram introduzidos e utilizados. 144
4.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo? 150
4.2.1 Comparação das tarefas: desenho e formas de as introduzir e usar 150
4.2.2 Caracterização das alterações na mediação do professor 155
4.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte na melhoria das práticas de ensino? 157
4.3.1 A reflexão do professor 158
4.3.1.1 Reflexões acerca da mediação 159
4.3.2 Utilização de mediadores (representações visuais, artefactos) 164
4.3.3 Influência da formulação de tarefas na mediação do professor 168
4.3.4 Desenho da mediação 168
4.3.5 Indicadores do desenvolvimento profissional 169
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 172
5.1 Quais as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas? 173
5.1.1 Práticas do professor – envolvimento dos alunos 173
5.1.2 Práticas do professor – práticas epistémicas dos alunos 177
5.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo? 181
5.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino? 184
6 PRINCIPAIS CONCLUSÕES 190
6.1 Quais as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas? 190
6.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo? 194
6.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino? 197
7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E NOVAS PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO 200
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 204

Índice de Tabelas

Tabela 1. Tipo de tarefa 1 apresentada em 2006, 2008 e 2012 73
Tabela 2. Tarefas propostas aos alunos em 2006, 2008 e 2012 74
Tabela 3. Sinopse cronológica do percurso profissional 80
Tabela 4. Dados recolhidos nos anos de intervenção 89
Tabela 5. Variáveis dicotómicas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente, breve definição e exemplos 96
Tabela 6. Variáveis dicotómicas sobre o envolvimento/não envolvimento, breve definição e exemplos 98
Tabela 7. Variáveis dicotómicas sobre a produção do aluno, breve definição e exemplos 99
Tabela 8. Esforços do professor para promover PE – Emergência de categorias 100
Tabela 9. Práticas Epistémicas (PE) – Emergência de categorias 103
Tabela 10. Subdimensão, categoria na tarefa, breve definição 106
Tabela 11. Frequência e indicadores de qualidade do envolvimento dos alunos e da sua produção (por aula de 90 minutos) 110
Tabela 12. Análise das formas do professor manter a tarefa como desafio em excertos significativos das NM de 2006, 2008 e 2012 113
Tabela 13. Padrões de relações entre os esforços do professor para envolverem os alunos e o envolvimento produtivo dos alunos em 2006, 2008 e 2012 considerando como unidade de análise o episódio 121
Tabela 14. Distribuição dos *clusters* da mediação do professor com o envolvimento dos alunos em cada tipo de tarefa 124
Tabela 15. Efeitos dos esforços do professor para promoverem PE dos alunos em 2006, 2008 e 2012 durante um episódio 129
Tabela 16. Distribuição dos *clusters* da mediação do professor com as PE dos alunos em cada tipo de tarefa 131
Tabela 17. Traços característicos da mediação (esforços) do professor para produzir PE e exemplos 139
Tabela 18. Tipo de tarefa, tarefa, categorias de análise da tarefa 151
Tabela 19. Excertos de NM para a apresentação da tarefa T3 153
Tabela 20. Número médio de PE dos alunos que ocorrem em sequência por tipo de tarefa durante o episódio com tarefas reais 155

Índice de Figuras

Figura 1. Relação entre trabalho prático, laboratorial, experimental e de campo (Leite, 2001). 59
Figura 2. Esquema representativo da evolução do trabalho no decorrer do tempo. 69
Figura 3. Modelo de subtarefas fundamentais da ficha experimental. 72
Figura 4. Diagrama da dinâmica da interacção entre o professor e os alunos de uma NM, em 2012. 94
Figura 5. Média de ocorrência por aula das características do esforço do professor para envolver produtivamente os alunos nos anos de 2006, 2008 e 2012 112
Figura 6. Excerto da 2ª NM em 2006 e a sua análise feita no NVivo 8® de modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor e o envolvimento destes na tarefa. 116
Figura 7. Excerto da 1ª NM de 2008 e a sua análise feita no NVivo 8® de modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor, o envolvimento destes na tarefa e como mantêm a tarefa desafio. 117
Figura 8. Excerto da NM de 2012 e a sua análise feita no NVivo 8® modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor, o envolvimento destes na tarefa e como mantêm a tarefa desafio. 118
Figura 9. Efeitos dos esforços do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos durante um episódio 120
Figura 10. Efeitos dos esforços do professor para promover as PE dos alunos durante um episódio. 128
Figura 11. Diagrama da dinâmica da mediação do professor no episódio C de uma NM, em 2008. O rectângulo cinzento corresponde à análise da primeira interacção entre o professor e os estudantes 134
Figura 12. Excerto do episódio C de um NM, em 2008 (em cima) e sua análise feita no NVivo ® relativamente ao desafio da tarefa 3 (lado direito), durante a primeira interação entre professor e alunos 135
Figura 13. Perfil das PE dos alunos, em detalhe, em 2006, 2008 e 2012 136
Figura 14. Perfil das práticas epistémicas dos alunos, por tipo de PE em termos globais, em 2006, 2008 e 2012. 137
Figura 15. Perfil do Esforço do professor para promover PE em 2006, 2008 e 2012 138
Figura 16. Excerto da NM em 2006 e sua análise feita no NVivo8® relativamente a explicitar epistemicamente. 141

Figura 17. Excerto da NM em 2012 e sua análise feita no NVivo8® relativamente a explicitar epistemicamente. 142
Figura 18. Excerto da NM em 2008 e sua análise no NVivo8® relativamente a valorizar epistemicamente. 143
Figura 19. Excerto da NM em 2012 e sua análise no NVivo8® relativamente a valorizar epistemicamente. 143
Figura 20. Excerto da NM em 2012 e sua análise no NVivo8® relativamente a sintetizar. 144
Figura 21. Introdução e uso de artefactos e representações visuais em 2006, 2008 e 2012 145
Figura 22. Excerto de uma NM, em 2006, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 146
Figura 23. Excerto de uma NM, em 2008, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 148
Figura 24. Excerto de uma NM, em 2008, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 149
Figura 25. Excerto de uma NM, em 2012, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 149
Figura 26. Excerto de uma NM, em 2006, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 165
Figura 27. Excerto de uma NM, em 2008 e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 166
Figura 28. Excerto de uma NM, em 2012, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos..... 167

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do trabalho

O mundo que nos rodeia está em constante transformação e as mudanças têm sido muitas ao longo dos últimos tempos. Estamos perante grandes desafios em praticamente todas as áreas, não podendo, de modo algum, a educação ficar de fora desta problemática.

O cidadão deste novo milénio necessitará de ser criativo, ativo, inovador, participativo, preparado para enfrentar tão fortes alterações que diariamente ocorrem na nossa sociedade. Os professores são confrontados com novas exigências às quais terão de responder, no sentido de ajudar os alunos a cumprir os objectivos propostos (Coelho, 2003).

Sendo a escola um local onde se espera que os alunos se preparem para a sua vida futura e adquiram conhecimentos científicos, torna-se imperativo que se desenvolvam competências capazes de permitir a versatilidade exigida no mundo do trabalho. A formação de qualquer cidadão passa, portanto, pela utilização de novas estratégias e ferramentas de ensino, que permitam desenvolver competências, conhecimentos e atitudes nos alunos. As escolas não têm mais o papel de fornecer a bagagem de conhecimento, mas antes de desenvolver atividades, de modo a que os jovens se tornem capazes, criativos, competitivos e inovadores. Pozo e Gómez-Crespo (1998) referem que a melhor maneira de aprender ciência é fazendo ciência e que o seu ensino deve basear-se em experiências que permitam aos alunos investigar e reconstruir os principais descobrimentos científicos. Tendo em conta as múltiplas vantagens que podem advir da mudança do ensino das ciências, as revisões curriculares têm demonstrado uma preocupação constante em renovar as suas práticas de ensino (Abrantes, 2001).

Segundo Martins e Martins (2005), os métodos de ensino tradicionais deixam de ser os únicos disponíveis para o ensino e a aprendizagem, havendo cada vez mais necessidade de considerar os conhecimentos de que os alunos são dotados, de modo a proporcionar-lhes mais poderes iniciativos, criando um ambiente que lhes permita aprender de forma progressiva e sustentada, sabendo usar no tempo correto o conhecimento de que dispõem.

Todos nós, professores da disciplina, estamos plenamente convencidos de que o ensino e a aprendizagem da mesma apresentam dificuldades, com natureza e causas diferenciadas (Lopes, 2004). De um modo geral, as tarefas apresentadas nas escolas não

permitem aos alunos reflectir e atribuir um raciocínio científico (Chinn & Malhotra, 2002). No entanto, é do conhecimento geral que a reflexão fornece oportunidades para voltar atrás e rever determinadas decisões, ajudando a clarificar certos conceitos. Nos estabelecimentos escolares, faltam tempo, disponibilidade e, por vezes, recursos para realizar tarefas. Porém, é possível desenvolver tarefas relativamente simples, que apesar da sua singeleza, apresentam componentes que permitem desenvolver um correto raciocínio científico, bem como competências e atitudes. No contexto da sala de aula, é possível exercer-se uma aprendizagem contínua e isso passa pela execução de tarefas simples para tarefas com um maior grau de complexidade (Silva, 1999). Deste modo, o aluno é o agente principal dotado de um papel activo, e não o professor. Não pretendemos que os mesmos retenham informações sentados pacificamente a ouvirem o professor, nem tão pouco que memorizem as tarefas nem despejem respostas (Bonwell & Eison, 1991). Assim, é importante delinear tarefas que incorporem mais características de "autêntica ciência", que permitam mobilizar os saberes disponíveis dos alunos e que culminem com o desenvolvimento de competências, conhecimentos e atitudes.

A utilização de tarefas diversificadas, com todas as suas potencialidades, tem-se revelado muito motivadora, tanto para alunos como para professores. A evolução, para uma visão científica do mundo, exige, quase sempre, uma nova maneira de ver aquilo que nos é familiar. Ao longo dos últimos anos, tem sido consensual a ideia de que há uma disparidade crescente entre a educação nas nossas escolas e as necessidades e interesses dos alunos. Todavia, o conhecimento científico não se adquire simplesmente pela vivência de situações quotidianas pelos alunos. Há a necessidade de uma intervenção planeada do professor, a quem cabe a responsabilidade de sistematizar o conhecimento, de acordo com o nível etário dos mesmos e dos contextos escolares. A compreensão de modelos e teorias, em Física, nem sempre é facilmente atingida e muitas vezes a informação é simplesmente memorizada. Uma das formas de envolver os alunos na construção do próprio conhecimento científico, nomeadamente em Física, é a utilização de novas práticas didáticas que permitam que o currículo não seja estático, que incorporem mais e melhor os saberes disponíveis dos alunos e os seus interesses, proporcionando-lhes um ambiente que lhes permita participar activamente e cooperar na construção das suas aprendizagens.

Os professores têm de ter consciência das suas próprias conceções de ensino, bem como dos resultados que delas advêm. Se querem ou pretendem evoluir, então, têm de reformular as suas práticas pedagógicas, visando uma melhor aprendizagem. Para Cravino (2004: 20) *"existem investigadores que nos mostram que as concepções de ensino e de*

aprendizagem dos professores (sejam elas explícitas ou implícitas) influenciam decisivamente o resultado das aprendizagens dos estudantes".

Por tudo o que foi referido, é necessário reflectir sobre métodos ou estratégias que visem aumentar a interacção professor-aluno, aluno-aluno (Pedrosa de Jesus, Teixeira-Dias & Watts, 2003) e aumentar o gosto pela aprendizagem das ciências, em geral, e da Física, em particular.

O que despoletou este trabalho foi o fraco aproveitamento que se tem vindo a sentir na disciplina de Física e Química A nas Escolas públicas de Portugal Continental.

De que forma se podem melhorar as práticas dos professores e dos alunos com vista à obtenção de melhores resultados, tanto a nível de sucesso escolar, como a nível de competências desenvolvidas e satisfação de ambos?

Como professor e investigador assume-se este problema como fulcral para esta investigação.

Tornou-se necessário transformar este problema do professor em problema de investigação. O primeiro passo foi focar o desenvolvimento profissional em algo de mais específico dos professores de Ciências Físicas. Assim, **o problema da investigação** foi como se pode promover o desenvolvimento profissional autodirigido, de forma a que a qualidade das práticas de ensino em sala de aula de um professor de Ciências Físicas se manifeste no desenho das tarefas experimentais e na mediação do professor em sala de aula para influenciar a qualidade das aprendizagens dos alunos, designadamente em termos do seu envolvimento nas tarefas e nas práticas epistémicas.

Com este problema em mente, levantaram-se as seguintes **questões fundamentais de investigação** às quais se procurou responder:

1. Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

2. Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

3. Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?

1.1.1 Abordagens ao problema na literatura

Perante a democratização do ensino, as diferenças entre os alunos começaram a tomar relevância. O alinhamento construtivista que Vygotsky havia desenvolvido no início do século XX, segundo o qual o conhecimento é construído pelo próprio, ainda que mediada por adultos, com base nas suas vivências e não adquirido de forma idêntica por todos, foi redescoberto, tendo a sua obra sido de novo editada e reconhecida (Vygotsky, 1978). É neste sentido que este autor considerava a aprendizagem como um ato predominantemente social, defendendo que por natureza aprendemos melhor interagindo com os outros.

Houve um longo período de inovações no ensino das ciências e respectivas reflexões acerca dos seus fracassos ou sucessos, que exigiam estudos cada vez mais rigorosos e bem fundamentados (Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa, & Martínez-Terrades, 2001; Lopes, 2004). Desta sistematização do estudo, comum a qualquer ciência, baseada em hipóteses, recolha de dados, sua análise e crítica de resultados, foi emergindo a Didáctica das Ciências (Cachapuz et al., 2001).

Passaram-se diferentes enfoques: da centralização no professor (característica do ensino por transmissão) passou-se para a centralização no aluno. Nas décadas de 70 e 80 surgiu o movimento das concepções alternativas e da mudança conceptual (Halloun & Hestenes, 1985; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982), que em muito contribuíram para a evolução da Didáctica e dos próprios investigadores, mas que nos anos 90 foi sendo cada vez mais questionada por alguns investigadores, por considerarem que se revelava improdutiva na prática e carecia de exactidão face à realidade (Silva, 1999). Não era que os *catálogos* de concepções alternativas e os respectivos testes de diagnóstico não obtivessem dados consistentes por todo o mundo, mas sim que estes resultados não significavam exactamente o mesmo para cada aluno. No entanto, a investigação produzida não só permitiu um corte com o ensino tradicional, como deixou uma herança positiva repercutindo-se na importância dada aos conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, para o realce do que os alunos já sabem, mas agora numa tentativa de reconstrução desse conhecimento (Silva, 1999).

Seguiram-se outras temáticas que introduziram importantes linhas de investigação entre as quais: resolução de problemas e trabalho experimental (Cachapuz et al., 2001; Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2001). Surgiram vários estudos acerca de sequências de ensino (Buty, Tiberghien, & Maréchal, 2004; Leach, Ametller, Hind, Lewis, & Scott, 2005)

para superar dificuldades de aprendizagem. O enfoque passou nessa altura a centrar-se essencialmente nos processos de ensino e de aprendizagem.

No entanto, cada vez mais os especialistas em Didáctica das Ciências defendem que a formação de professores deve integrar os conteúdos específicos de cada área do saber, a par dos conteúdos didácticos (Cachapuz et al., 2001; Lopes, 2004).

A investigação em Didáctica passou a centrar a sua atenção no papel do professor no ensino ligada à consequente aprendizagem dos alunos. Este ponto é bem explicado por Silva (1999) que enfatiza, citando Alarcão, que a investigação em Didáctica e as práticas de ensino continuam em níveis de desenvolvimento diferentes. Cachapuz et al., (2001) referiam que o *contemplar o ensino das ciências como uma tarefa simples, bloqueia a possibilidade de uma evolução fundamentada*. No entanto, era desta forma que a maior parte dos estabelecimentos de ensino olhava estes problemas até meados dos anos 80.

Um problema diagnosticado por McDermott num estudo feito na Universidade de Washington em 1990 e salientado por Silva (1999), foi o facto de os professores tenderem a ensinar da mesma maneira que lhes ensinaram, o que poderá contribuir para lentidão processual destas modificações didácticas e a continuação do problema.

A complexidade deste problema prende-se com a sua natureza diversa: não se podem simplesmente atribuir culpas aos alunos nem aos professores. Por outro lado, outros estudos comparativos entre casos em que métodos similares são utilizados (Crouch & Mazur, 2001; Halloun & Hestenes, 1985) apontam para que os resultados também não são simplesmente dependentes do professor. No entanto, o mesmo estudo (Crouch & Mazur, 2001) salienta a importância de envolver e motivar o conjunto de professores que trabalham na consecução da disciplina para as vantagens das inovações curriculares implementadas, sob risco de (inadvertidamente) estes poderem comunicar uma atitude negativa aos alunos.

Há ainda inúmeros factores externos, como factores sócio-culturais e/ou políticos, que influenciam este problema. Assim, para um ensino eficaz existem muitas dimensões a ter em conta, não apenas ligadas com a área do saber específica, mas ligadas, por exemplo, com a epistemologia, psicologia e/ou a sociologia, que não poderão ser descuradas, sob o risco de falhar a missão (Lopes, 2004).

1.1.2 Relevância do problema

Na sociedade actual, o papel da escola não se resume simplesmente a transmitir os conhecimentos ou a facultar a informação ao aluno, mas sim a proporcionar os conceitos e os processos que estes devem dominar para se tornarem futuros cidadãos produtivos e auto-realizados. As concepções sobre o que é aprender e ensinar na escola estão bem definidas e procura-se um empenho criativo e responsável do professor em projectos e iniciativas, envolvendo no seu entusiasmo os seus próprios alunos (Ponte, 2003). O envolvimento dos alunos e dos professores para a consecução de um objectivo comum é notório nos ambientes de aprendizagem que envolvem processos de aprendizagem colaborativa (Dias, 2004). Na perspectiva deste autor o papel do professor também se transforma, deixando de ser o centro da informação para se situar como mais um membro da comunidade, um co-participante, facilitador e dinamizador das tarefas postas em acção e estimulador à participação e envolvimento de todos no ambiente de aprendizagem.

Este problema que não é exclusivamente português, como realçam Silva, (1999). Muitos estudos acerca do insucesso escolar no Ensino têm sido realizados, tanto a nível nacional como internacional (Cravino, 2004; Hake, 1998; Lyons, 2006). Em geral, Portugal apresenta no Ensino Público taxas de reprovação e abandono escolar muito elevadas (Benavente, 1994; 2008). E infelizmente esta situação não tem sofrido grandes alterações (Machado, 2007; Veiga & Henriques, 2003).

Esta reformulação do ensino apelava à necessidade de estimular a autonomia dos alunos.

Também esta reformulação exigia que se repensasse o ensino, de forma que a aprendizagem envolvesse ainda mais o desenvolvimento das competências necessárias e suficientes.

A procura de soluções para este problema de insucesso não é recente e não terá certamente uma resposta fácil. No entanto a Didáctica tem vindo a trabalhar e a dar pequenos contributos com vista a aumentar a eficácia do ensino. Este trabalho pretende ser um contributo nesse sentido.

1.2 Apresentação do Estudo

A presente investigação tem como propósito contribuir para o aumento do gosto e da eficácia da aprendizagem das ciências e, em particular, pela Física, para melhorar a qualidade desse ensino, bem como a qualidade das aprendizagens dos alunos e seus resultados. Pretendemos que os mesmos aprendam os conceitos da disciplina que são objeto de ensino, mas também que desenvolvam capacidades e competências de carácter geral e da disciplina, em particular. Queremos contribuir para desenvolver nos alunos o gosto pela Física, construindo e gerindo um currículo, de forma a ser possível adequá-lo, tendo em conta os interesses e as necessidades desses mesmos alunos.

Deste modo, desenhámos, implementámos e avaliámos um currículo (tarefas) de Física e Química para o Ensino Secundário, baseado na execução do trabalho experimental na componente de Física, leccionado nos 10º e 11ºanos de escolaridade, durante 6 anos consecutivos, tendo como alicerce a mediação do professor, de modo a que os alunos se envolvam produtivamente nas tarefas e promovam práticas epistémicas de qualidade.

Durante a execução deste trabalho foram feitas reflexões da atuação do Professor e posterior alteração, quando necessário. Para isso, contou-se com a contribuição de duas Professoras de Física e Química do Ensino Secundário, do Orientador da tese e dos membros dos projectos de investigação onde a Professora e investigadora deste trabalho esteve envolvida.

Em particular, fez-se o estudo do papel das tarefas, no ensino experimental, na aprendizagem, nomeadamente as suas características, gestão na sala de aula e apropriação pelos alunos, bem como o seu uso como utensílio/ferramenta instrumental, no sentido de desenvolver conhecimentos, competências e atitudes, bem como promover práticas epistémicas nos alunos (Morais, C., 2011). Este estudo foi realizado nos anos lectivos de 2005/2006, 2007/2008 e 20011/2012 em turmas, do 10º e do 11º anos de escolaridade, alternando-se conforme o ano que a Professora estivesse a leccionar aquando da recolha de dados. O estudo foi feito numa Escola de Vila Real onde a classe socioeconómica dos alunos é maioritariamente média/superior. As colegas que colaboraram em reflexões com o Professor do estudo leccionavam noutras Escolas da região de Trás-os-Montes e aos mesmos anos de escolaridade. Os projectos de investigação onde esteve envolvido como investigador e dos quais aprendeu muito para reformular as suas práticas foram: "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula -

PTDC/CED/66699/2006" e "O papel da mediação do professor usando simulações computacionais para melhorar a aprendizagem de Ciências Físicas e da Engenharia-*PTDC/CPE-CED/112303/2009".* Estes projectos tinham como Coordenador o Professor Doutor Bernardino Lopes.

Também se envolveu na elaboração e posterior publicação de artigos em revistas nacionais e estrangeiras, atas de congressos, bem como a frequência de acções de formação, conferencias, etc destindas aos professores de física e química.

1.2.1 Foco, problema, questões de investigação e objectivos do estudo

Sabendo que parte deste insucesso se deve à desmotivação que os alunos sentem, relativamente à abstracção com que a física é leccionada, em grande parte das escolas (Cravino, 2004; Silva, 1999), a essência deste trabalho foi dedicada ao desenvolvimento profissional de um professor centrado em melhorar a qualidade das suas práticas de ensino (planeamento e prática lectiva) em particular considerando a concepção das tarefas experimentais e a mediação efectiva em sala de aula, para abordar o seguinte problema de investigação: como se pode promover o desenvolvimento profissional autodirigido, de forma a que a qualidade das práticas de ensino em sala de aula de um professor de Ciências Físicas se manifeste no desenho das tarefas experimentais e na mediação do professor em sala de aula para influenciar a qualidade das aprendizagens dos alunos, designadamente em termos do seu envolvimento nas tarefas e nas práticas epistémicas.

Apresenta-se de seguida a formulação das questões de investigação que se considera auxiliarem na resolução do problema de investigação:

1. Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

2. Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

3. Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?

O projecto tem três objectivos fundamentais.

A- Documentar o percurso do desenvolvimento profissional do professor (etapas, formação, leituras, comunidades reflexivas, projectos produção científica, reflexão sobre a

prática), para identificar factores decisivos para desenvolvimento profissional auto-dirigido efectivo.

B- Caraterizar a evolução das práticas de ensino em termos de traços da mediação e tarefas apresentadas aos alunos.

C- Estudar a influência do incremento da qualidade das práticas de ensino no envolvimento dos alunos e nas práticas epistémicas.

1.2.2 Um olhar pelos capítulos da tese

Esta tese está organizada em sete capítulos. Neste primeiro capítulo faz-se a contextualização e a apresentação do estudo. No capítulo dois apresenta-se uma revisão da literatura em quatro secções: (a) desenvolvimento profissional destacando o papel da narração multimodal (NM), em particular o auto – dirigido; (b) práticas de ensino em sala de aula; (c) influência das práticas de ensino no envolvimento e práticas epistémicas dos alunos; (d) a contribuição do trabalho experimental para o ensino das CF (Ciências Físicas).

No terceiro capítulo descreve-se a metodologia aplicada na investigação destacando-se o design do estudo, a caracterização do caso de investigação – acção longitudinal ao longo de 7 anos, a recolha de dados, bem como a descrição de como foram analisadas. No capítulo seguinte (quarto capítulo) faz-se a apresentação dos resultados com três secções alinhadas com as três questões de investigação. No capítulo cinco apresenta-se a discussão dos resultados. No último capítulo expõem-se as conclusões deste trabalho, bem como as implicações do mesmo e algumas sugestões para futuras investigações.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO ESTUDO

Na escola as experiências de aprendizagem mediada adquirem um caráter de essencialidade. Tem-se percebido factos que comprovam a necessidade de o professor interagir com os seus alunos de uma forma especial, ou seja envolvendo-os produtivamente. Sente-se que é preciso ser-se eficiente na atuação como professor (esforços do professor) na qualidade e quantidade de conteúdos trabalhados em sala, auxiliar os alunos no desenvolvimento da capacidade criativa e autónoma em relação à construção do saber por forma a que estes desenvolvam práticas epistémicas.

Neste capítulo apresenta-se uma fundamentação teórica e empírica dos principais vectores deste estudo: o planeamento do ensino, a prática efectiva em sala de aula e a reflexão acerca da prática de ensino e a alteração respetiva.

Começaremos por salientar que o desenvolvimento profissional é fundamental para a qualidade das práticas de ensino. O desenvolvimento profissional deve ser considerado como um esforço ao longo da carreira visando a identificação e divulgação dos fatores que contribuem para o sucesso de todos os alunos e professores. (2.1) Nas práticas de ensino ressalva-se que o ambiente em sala de aula poderá condicionar a forma como os alunos trabalham e consequentemente o modo como fazem as suas aprendizagens (2.2), menciona-se a influência das práticas de ensino no envolvimento dos alunos e nas práticas epistémicas tais como a mediação, a tarefa (características, apresentação, estrutura) (2.3). A contribuição do trabalho experimental (TE) para as CF é abordada na secção 2.4, identificando semelhanças e diferenças trabalho experimental e simulações computacionais, bem como a sua importância no ensino de física e química.

2.1 Desenvolvimento profissional

As concepções, métodos e eficiência do ensino praticado sempre foram uma preocupação por parte dos professores e dos investigadores. Recentemente, tem-se vindo a constatar um enorme desenvolvimento dos estudos de investigação sobre os aspectos teóricos e empíricos da mediação do professor em sala de aula, os quais permitem orientar os professores nas suas escolhas, dentro e fora da aula. (Lopes et al., 2010a).

A formação de professores ao longo da vida é fundamental, pois esta não se restringe apenas à formação inicial. Atualmente tem estado associada ao desenvolvimento profissional (Shagrir, 2010).

Segundo Eley (2006) os estudos efectuados acerca do desenvolvimento profissional começaram por utilizar entrevistas semi-estruturadas às quais os professores respondiam individualmente e continham questões para se saber o que se estava a ensinar, o que os alunos estavam a aprender, qual o papel do professor, quais os resultados de aprendizagem pretendidos, que sinais podemos identificar que evidenciem uma boa aprendizagem, o que é que os alunos estão a aprender,etc. Também questões de índole pessoal para se conhecer a opinião do professor assim como as suas crenças, como sejam: Pode descrever a sua opinião sobre o desenrolar do seu ensino?, O que entende pelo acto de ensinar?, O que entende por aprendizagem?.

Os professores oferecem uma resistência significativa para a mudança das suas práticas de ensino, em particular as de sala de aula. Só com a mudança de aspectos completamente enraizados, tais como a autodefinição de atitudes, valores e crenças é que se pode visualizar modificações da prática profissional. A maneira como os professores aprenderam o conteúdo de uma dada disciplina influencia a concepção dos professores que ensinam Ciências.

Na construção de imagens de ensino, a partir de suas próprias experiências como aluno, o professor pode extrapolar em essência, assumindo que os seus alunos irão possuir estilos de aprendizagem, aptidões, interesses e problemas semelhantes aos seus próprios. Os professores experientes, ainda podem ter uma visão unilateral dos estilos de aprendizagem dos seus alunos e, portanto, tendem a incorporar o seu modo de aprender no modo de aprender dos próprios alunos. (Huibregtse, Korthagen, & Wubbels, 1994).

Há uma tendência de um desenvolvimento do ensino no sentido de "um currículo de ciência no contexto" e "um currículo de ciência para todos" em oposição a uma visão da educação mais "estruturalista", enfatizando a transmissão de conhecimentos, ou seja, para uma visão mais "construtivista" do ensino e da aprendizagem (Huibregtse et al., 1994).

Na visão construtivista da aprendizagem, o professor passa a ser visto não como uma pessoa que transmite conhecimentos para a cabeça dos alunos, mas sim, como um facilitador de construção do conhecimento (ou seja, como um guia nos processos individuais de construção do conhecimento dos alunos). Na realidade a passagem para ambientes de aprendizagem construtivista consiste em mais participação activa dos alunos: uma mudança

que parte da compreensão e da escrita dos alunos e atinge por parte destes a capacidade de planificação e discussão de ideias destes (Huibregtse et al., 1994).

A motivação dos professores para serem alvo de mudança e a a reflexão a ser usada como uma ferramenta de trabalho para atingir esse propósito são factores importantes a ter em conta para o desenvolvimento profissional de professores (Huibregtse et al., 1994).

Para haver desenvolvimento profissional é necessário que o professor tenha como objectivo o seu próprio aperfeiçoamento como profissional. O desenvolvimento profissional só é possível se houver predisposição dos professores para a mudança. Os professores só mudam em função das necessidades e dos proveitos que obtêm. Os objectivos e abordagens dos professores no ensino das Ciências para alunos do ensino secundário estão fortemente relacionados com os objectivos de aprendizagem dos alunos e as preferências por determinados métodos de aprendizagem (Huibregtse et al., 1994).

Quando se está a reflectir, a pessoa está envolvida em estruturar aquilo que percepciona sobre a situação a que está anexa essa reflexão, ou ainda quando quer alterar essa estrututação.

A reflexão é um instrumento eficaz para o crescimento profissional dos professores. (Huibregtse et al., 1994). Assim, quando se mostra tendência para desenvolver ou alterar as suas próprias estruturas mentais tem-se uma atitude reflexiva. Tal atitude é vista como uma condição necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento profissional (Huibregtse et al., 1994). O desenvolvimento profissional dos professores, do ponto de vista construtivista, pode ser visto como uma reorganização de crenças, atitudes e comportamentos do professor sobre a ciência e a educação científica. A formação de professores deve ter em conta os aspectos cognitivos, sociais e emocionais do desenvolvimento humano, assim como, também deve concentrar-se na promoção da gestão de conflitos, autoconhecimento, empatia, liderança e competências para promover a colaboração (Malm, 2009). O facto de os professores gostarem de ensinar, a sua autoconfiança na competência metodológica e didática, são factores que, abonam a favor da avaliação feita pelos alunos em relação ao fato de estarem na presença de um bom professor e o que caracteriza um bom ambiente de ensino-aprendizagem, independentemente do género do aluno e nível socioeconómico (Skolverket, 2006). A competência - uma noção holística - não é redutível à sua dimensão cognitiva e, por conseguinte, competência e habilidade não são sinónimos. A competência de um professor inclui competências cognitivas e práticas ou seja a mobilização de conhecimentos, assim como componentes de comportamento social, tais como atitudes, emoções, valores e

motivações. (Rychen, 2003). A emoção é um dos aspectos menos investigados nos estudos sobre o ensino. Sabe-se muito pouco sobre a maneira como os professores gerem as suas emoções, como as relacionam com as suas motivações e como é que as suas experiências emocionais afectam o seu desenvolvimento profissional. As emoções positivas são compostas por conceitos como amor, carinho, afecto, satisfação, orgulho, alegria e prazer associados ao ensino. As emoções negativas são a frustração, raiva, cansaço, stress, ansiedade e desamparo. Muitos professores têm uma grande preocupação e cuidado especial para com os seus alunos. Muitas vezes essa relação emocional é tão forte que afecta a forma de ensinar e o conteúdo que o professor ensina.

Certas emoções, como ansiedade, medo, solidão, desamparo e hostilidade em relação à personalidade do próprio professor são aspectos que estão presentes no dia-a-dia do professor e que se repercutem no seu desempenho na escola e na sala de aula. Devem ser tratados como parte integrante da formação profissional dos professores. Para que estes aspectos se possam envolver na prática reflexiva e no desenvolvimento profissional de um professor é necessário tê-los em conta na formação profissional do professor, e, desta forma, transportar um significado próprio para a sua vida e para a vida dos seus alunos.

Outro aspecto bastante importante é o aspecto emocional das relações e interacções entre o professor e os seus colegas de trabalho. O conflito quando visto como um problema em vez de uma oportunidade é dos aspectos mais nefastos. Quando os professores que trabalham em conjunto tendem a evitar divergências e conflitos (quer sejam amigos próximos ou colegas mais distantes) apesar de valorizarem o apreço e o reconhecimento, bem como apoio pessoal e a aceitação, minimizam drasticamente as oportunidades de se poderem melhorar profissionalmente (Malm, 2009).

2.1.1 Narração multimodal e desenvolvimento profissional

A qualidade do desempenho profissional tem sido desde há muito tempo uma das preocupações dos professores. Ser professor exige que constantemente se esteja adaptado à realidade do momento e uma actualização contínua dos conhecimentos a ensinar.

Após a aquisição de competências inerentes à actividade de professor, o seu desenvolvimento profissional e o processo de melhoria é feito de modo contínuo tendo sempre em mente o objectivo de atingir a excelência. Para se desenvolver profissionalmente o professor deve ter o cuidado de se actualizar informando-se acerca das metodologias mais

adequadas, bem como todas as que aparecem recentemente. Deve também participar em conferências, colóquios, fóruns, acções de formação com a finalidade de contribuir para se desenvolver profissionalmente.

A capacidade e disciplina para praticar reflexões e auto-reflexões sobre a sua prestação profissional, assim como a troca de experiências com os seus pares ao longo da sua carreira profissional é um aspecto que não pode ser descurado para que possa haver um bom desenvolvimento profissional.

A análise detalhada da prática desenvolvida dentro da sala de aula é um dos métodos bastante conhecido e utilizado ao longo dos tempos para o desenvolvimento profissional dos professores. Para analisar detalhadamente como se desenvolveu essa aula nas várias vertentes possíveis, o professor deve gravar em áudio ou em vídeo a sua aula. É evidente que sendo o espaço aula, um local onde existem professores e alunos (os quais são humanos) aparecem emoções nas relações interpessoais, das mais variadas sensações possíveis em cada ambiente do processo de ensino e da aprendizagem. Por isso, o professor deve ter em conta que não pode unicamente limitar-se à troca de informação. Uma simples gravação áudio ou vídeo, e respectiva transcrição simples, não é suficiente para descrever e estudar as relações estabelecidas dentro da sala de aula entre os professores e alunos bem como a qualidade da mediação do próprio professor.

Desde há muito tempo que surgiu a necessidade de se descrever com rigor o que se passava dentro da sala de aula para análise e desenvolvimento profissional, no entanto essa descrição deve proteger a complexidade e o entendimento geral dos fenómenos para se poder efectuar a sua comparação. Após as transcrições simples destas gravações de aúdio ou vídeo e análise e reflexão das mesmas concluiu-se que pouco se sabia acerca da aula sendo necessário complementar essa transcrição com outros aspectos não captados em áudio ou vídeo.

Esses aspectos consistem em descrever as verdadeiras intenções do professor (que só ele sabe o que tinha em mente naquele momento específico e que o áudio ou vídeo pode não mostrar), o que aconteceu durante uma interacção do professor com os seus alunos, as tomadas de decisão, as reacções do próprio professor, etc.

Para se estudar a mediação de um professor em sala de aula e analisar como é que a sua actuação durante o decorrer de uma dada tarefa influencia ou não os resultados obtidos, é muito importante ter dados que captem e encarem a prática lectiva como um todo. Muitos dos objectivos não são cumpridos na sua totalidade, usando os instrumentos disponíveis em Educação nas Ciências Físicas: por exemplo, "*critical incidents*" (Colnerud, 1997 ou mais

recentemente Waight & Abd-El-Khalick, 2007); "*diaries*" (Hundhausen, 2002); ou o "*noticing*" (Mason, 2002).

Portanto a equipa em que estive inserida teve a necessidade de criar um instrumento que permitisse recolher dados com a perspectiva do interior sala de aula e não apenas acerca da aula que mantenha o seu todo e a sua complexidade. Tentou-se encontrar um instrumento que fosse um documento o mais completo possível, que detalhasse a contextualização da aula, as intenções do professor e suas percepções, reacções dos alunos e do próprio professor, o trabalho proposto e o trabalho realmente efectuado pelos alunos, etc. Este instrumento baseia-se na narração do que acontece em sala de aula, de uma forma que preserva a compreensão integral dos fenómenos, a complexidade da aula, permite a comparação entre narrações de vários professores uma vez que o seu foco se centra nas tarefas propostas e desenvolvidas em sala de aula e não em meros incidentes; é também verificável, ou seja, é acompanhado de documentos auxiliares (que serviram de base à sua construção) para que possa ser aceite por outros investigadores. Este instrumento foi designado de Narração Multimodal (NM) (Lopes et al., 2010a, 2014)

Normalmente a NM é escrita pelo próprio professor. Esta é escrita por fases e pode sempre ser melhorada à medida que o professor se vai lembrando de algum evento ocorrido na aula. Esta forma de construção da NM permite captar a intencionalidade do professor. As NM além de serem instrumentos de recolha de dados, são também ferramentas de apoio ao ensino e desenvolvimento profissional na medida em que permitem a ajuda ao professor na percepção da sua intencionalidade e os processos que o levam à tomada de decisões.

A NM é constituída por duas partes essenciais: a primeira consiste na apresentação da narração, resumindo e contextualizando o seu conteúdo; a segunda contém a descrição dos vários episódios que a podem constituir. A primeira parte apresenta um sumário da aula e a sua contextualização, incluindo todos os elementos ligados essa aula, organização espacial da sala de aula e dos alunos, número de alunos, duração total da aula e de cada episódio, objectivos da aula, etc. Esta primeira parte pretende mostrar todos os elementos que permitam entender de que modo os episódios que se narram aconteceram.

A narração de cada um dos episódios identificados constitui a segunda parte da NM. Nessa narração deve ser focado essencialmente as acções do professor e dos alunos, bem como as linguagens utilizadas. Mantêm uma linha de rumo de acrodo com o decorrer cronológico do tempo que permite uma compreensão fácil dos acontecimentos. Embora

utilize dados multimodais, deve ser auto-contida (podendo no entanto apresentar ficheiros anexos que possam comprovar as descrições efectuadas).

Cada professor constrói a sua narração segundo o seu ponto de vista, sob a influência das suas orientações ou escolhas educacionais e epistemológicas. Este facto tem influência ns suas intenções e decisões durante a resposta sistemática aos desafios de aprendizagem dos seus alunos de acordo com os objectivos estipulados. No entanto ao fazer esta descrição sem juízo de valor, o narrador permite que os leitores o façam sem ser influenciados.

Apesar de a NM ser a descrição de uma aula, ou seja uma narrativa fundamentalmente descritiva, esta foca as acções e linguagens utilizadas pelo professor, deve ser compreensiva e auto-contida, genuína e singular. A variedade de dados que estão na NM e que se complementam, enriquecem a narração, tornando-a mais autêntica, e por isso pode facilmente ser verificada (através da análise dos documentos anexos que a acompanham e nos quais se baseou a sua construção).

A NM é um meio sistemático de recolha de dados na medida em deve conter dados que de alguma maneira possam ser relevantes para a aprendizagem dos alunos, mesmo que isso não pareça especialmente importante na altura. O professor deve compreender esta importância de recolhar informação construindo assim uma NM o mais rica possível. A fase da recolha de dados é então a primeira fase.

Ao recolhar os dados deve ter em conta que existem dois tipos de dados. Os que não dependem de si (professor) como sejam: gravações áudio das aulas, materiais didácticos, documentos produzidos pelos alunos, organização espacial da sala, recursos etc. E os que estão directamente relacionados com o professor ou com o aluno, ou seja as suas intenções, reacções, atitudes, silêncios, gestos, o que percepcionou dos alunos, etc.

Seguidamente procede-se à construção da NM, que poderá ser iniciada pela audição da gravação, bem como pela organização de todos os elementos recolhidos, estabelecendo a sua comparação e a sua importância no sentido de engrandecer a descrição. Se por acaso se utilizar mais do que um gravador devem-se reunir os dados dos vários grupos de trabalho, identificando e referenciando cada episódio.

Após esta etapa produz-se um relatório sumariado dos acontecimentos relatados, integrando-os no contexto.

Passa-se então a descrever os episódios referentes a essa narração, enriquecendo-os progressivamente com os dados variados que se recolheram, como sejam: fotografias,

documentos dos alunos, material apresentado pelo professor, o que foi escrito no quadro, diálogos relevantes, etc.

Por último dá-se a fase de validação, que consiste numa verificação por outros investigadores acerca da sua fiabilidade, validade e facilidade de leitura.

A unidade base da NM é o episódio, que é constituído por um conjunto de acontecimentos que ocorreram durante o desenvolvimento de uma tarefa específica em sala de aula. Representa todo o trabalho pedido aos alunos pelo professor de modo a poder cumprir um determinado objectivo. Começa quando o professor propõe a tarefa e acaba quando o professor a dá por finalizada (seja porque os objectivos foram alcançados, ou porque o professor opta por lhe pôr um fim). Uma vez que cada episódio representa o desenvolvimento de uma tarefa por inteiro, cada um pode durar minutos ou várias aulas. Sendo assim, cada NM pode ter vários episódios.

Neste sentido, as NM (narrações multimodais) podem ser uma importante ferramenta formativa para o professor, pois são relevantes do ponto de vista da mediação, na medida que narram a sua acção concreta na sala de aula.

O processo de descrever (narrar) episódios do que se passa em sala de aula faz aparecer no professor em primeira instância uma diversidade de sentimentos à medida que aparecem aspectos críticos acerca dos quais sente urgência e necessidade de reflectir.

Esta auto-reflexão inicial faz crescer a vontade ao professor de melhorar as suas acções na sala de aula, no que concerne às várias dimensões da mediação, tentando ajustá-las às necessidades de aprendizagem dos seus alunos, bem como responder o melhor possível às exigências curriculares. Sendo assim, este processo de auto-reflexão é crucial para o desenvolvimento profissional.

Esta primeira fase, de tomada de consciência das suas próprias acções, explicitadas nos episódios de mediação narrados, desperta no professor a necessidade de corrigir as suas actuações no futuro e o desejo por uma busca de melhoria contínua, com particular ênfase nas várias dimensões da mediação.

As NM permitem ao professor através da sua reflexão a capacidade de aceitarem sempre todas as possibilidades, permitindo o confronto das suas crenças e estar pronto a alterá-las. Exige também ao professor que ao fazer uso da reflexão possa aprender e crescer profissionalmente.

Exige alguma dedicação da parte do professor, uma vez que é preciso dispender algum tempo na elaboração das NM e na sua análise, de modo a rever os episódios e identificar dinâmicas de mediação e da própria prática profissional sobre os quais possa reflectir.

Para haver alteração ao nível das práticas profissionais é necessário que o professor tenha a capacidade de tomar decisões e de agir de modo positivo perante situações futuras. A partilha de reflexões com colegas ou investigadores, constituirá uma mais-valia para o desenvolvimento profissional (Lopes et al., 2010a). As NM são como motores para uma aprendizagem que o transforma enquanto profissional e ajuda ao crescimento do mesmo, quer seja através de auto-reflexões, quer seja através de reflexão partilhada (Lopes et al., 2010a).

Porque narram a acção do professor concretamente na sala de aula, a NM pode ser considerada uma importante ferramenta formativa. Ao mesmo tempo, as NM permitem manter afastado e organizar o pensamento podendo servir de base para a reflexão crítica do professor, dando início a um processo de tomada de consciência e procura de melhoramento das práticas letivas (Lopes et al., 2010a). As NM permitem o desencadear do processo reflexivo, uma vez que são mais do que uma mera descrição dos acontecimentos.

Pelo facto de as NM terem episódios que se centram na linguagem e acções adoptadas pelo professor tentando sempre a procura de respostas de modo a corresponderem às necessidades de aprendizagem dos seus alunos, o processo de construção das mesmas faz com que o professor aumente a sua experiência, seja mais perspicaz, aumenta também o seu conhecimento prático, uma vez que lhe permite analisar e reflectir a sua acção em sala de aula (Winkler, 2001).

As NM são um grande potencial no desenvolvimento profissional de um professor, quer sejam as NM elaboradas pelo próprio professor (reportando-se às suas aulas), quer sejam NM relatadas por outro professor que não leccionou a aula em questão, mas com as quais os professores se possam identificar e reconheçam nos acontecimentos narrados semelhanças com os das suas aulas. Quando o próprio professor narra a sua aula é confrontado com esta e pode iniciar todo um processo de reflexão permitindo-lhe tomar consciência de aspectos importantes na sua vida profissional acerca dos quais ainda nunca tinha reflectido e que carecem de evolução. Qualquer NM que diga respeito a acontecimentos de sala de aula nas Ciências, também são úteis no desenvolvimento profissional de outros professores, na medida em que ao as lerem podem estabelecer uma comparação com as suas próprias aulas, revendo-se muitas vezes nessas aulas, podendo reconhecer aspectos das suas próprias aulas que carecem de aprendizagem e de evolução (Lopes et al., 2010a).

Ler e analisar uma NM permite ao professor que a construiu ou ao que deu os dados para a sua construção ver melhor a realidade das suas aulas (pois por vezes não se tem a ideia da realidades dos factos). Também ajudar a encontrar formas mais ou menos eficazes de propor as aprendizagens pretendidas. Podemos então afirmar que pode aumentar a sua percepção, experiência e desenvolve o conhecimento prático, levando a um desenvolvimento profissional (Zeichner,1993).

Para outros professores (que não os actores neste processo) que tenham acesso às NM, podem rever-se e aproveitar os exemplos pela positiva ou pela negativa de forma a melhorar a sua própria prática. Como a parte central das NM é o desenvolvimento das tarefas em sala de aula, o conteúdo programático em que estas decorrem não limita logo à partida as mais-valias que podem estar presentes na descrição procedimental de outro professor. Com as NM pode-se verificar a pertinência de alguns tipos de interacção em sala de aula a outros colegas e mesmo modificar algumas das suas percepções acerca da didáctica.

São compatíveis com instrumentos de análise qualitativa (como o NVivo, por exemplo), pois permitem fazer inúmeras associações entre as variáveis que se pretendam estudar. Também permitem encontrar padrões que se podem associar a resultados relacionados com a aprendizagem dos alunos. Com o NVivo e algumas NM pode-se fazer uma análise cruzada (do mesmo professor ou de professores diferentes; do mesmo nível de ensino ou de níveis diferentes; do mesmo conteúdo ou de conteúdos diferentes, etc., conforme seja o objectivo de investigação) e do papel desempenhado por acções particulares do professor.

2.1.2 Reflexão sobre as práticas de ensino

O conhecimento de diferentes práticas de ensino pode levar ao seu enriquecimento e ao aumento da qualidade das aprendizagens (Leach et al., 2005; Lopes, 2004; McDermott, 2001; Mestre, 2001). Díaz (1999) considera que para aperfeiçoar o ensino, a investigação acerca deste é indispensável.

Van Driel, Beijaard e Verloop (2001) chamam a atenção de que se não houver o cuidado de envolver os professores com os seus conhecimentos práticos e as suas crenças, as reformas educativas podem não ser bem-sucedidas. A investigação indica uma necessidade de se fazer formação em períodos alargados para que as modificações efectuadas sejam mais duradouras. É opinião destes autores que para que esse envolvimento aconteça temos de ter

em conta as interacções com outros professores por um lado e a investigação sobre educação por outro. Assim, a reflexão sobre as práticas de ensino permite que cada um se consciencialize acerca da sua prática de ensino e sobre a sua eficácia, e consequentemente do seu desenvolvimento profissional. A reflexão é tida como um instrumento que favorece o desenvolvimento profissional do professor que ajuda a resolver problemas da prática.

Quando os professores ao fazerem o trabalho todo pelos seus alunos, explicam muito bem todos os assuntos nas aulas, e até têm bons resultados na classificação final não estão a ajudar em nada os seus alunos na construção do conhecimento científico (Lopes, 2004; Viegas, 2010). Isto faz-se sentir quando mais tarde se testam os alunos acerca destes conhecimentos em situações diferentes e estes não mostram que os tenham aprendido, ao contrário do percepcionado pelo professor, quando ele estava a explicar até parecia que os alunos estavam a captar tudo (Felder, 2004; Mazur, 1997). Quando os professores sujeitam os seus alunos a tarefas didácticas metódicas, que os alunos realizam sem necessitar de recorrer à compreensão profunda de conceitos, estão a desencorajar os alunos, sem querer, a fazerem aprendizagens profundas (Ramsden, 1992). Estes dois exemplos podem ser esclarecedores da importância da reflexão acerca do que realmente se passa em sala de aula (prática de ensino) e do trabalho que os alunos realizam (que poderá levar ao desenvolvimento da sua aprendizagem), no sentido de promover o ensino e a aprendizagem.

Para que se possa compreender melhor a forma como os alunos fazem a sua aprendizagem em Ciências, Leach e Scott (2003) pensam que faltam trabalhos de investigação que lhes dêm uma ideia clara das dificuldades sentidas pelos alunos, dos erros que cometem, das explicações que dão ou da falta de comunicação. Para que essa investigação seja útil são necessárias reflexões dos professores durante e após a sua prática, assim como os resultados académicos dos alunos.

Os professores devem fazer o exercício de reflectir sobre a sua prática, a sua utilidade real aos contextos sócio-culturais ao mesmo tempo que aplicam o que vem descrito na literatura (Light & Cox, 2001; Mason, 2002; Ramsden, 1992), para que este processo seja dinâmico e, se consiga que os alunos desenvolvam aprendizagens mais eficazes.

Como salienta Cachapuz et al., (2001), os professores devem-se tornar sujeitos epistémicos na construção do conhecimento didáctico, não se limitando a repetir o que outros autores dizem, assim, devem também ter a preocupação de que os seus alunos também devam ser sujeitos epistémicos na construção de conhecimentos académicos.

A reflexão não pode descuidar o facto, de a melhoria substancial do desempenho dos alunos dever ter em linha de conta que é preciso um período de readaptação, sendo a mediação fundamental para a persistência e motivação dos alunos.

Autores como, Kirschner, Sweller e Clark, (2006) avisam que alguns métodos de ensino activo podem não ser eficazes se a mediação dos professores não permitir ao aluno desenvolver a sua aprendizagem.

Além disso, vários autores (Chang, 2005; Crouch & Mazur, 2001; Fagen, Crouch & Mazur, 2002) referem que se o professor não obtiver bons resultados a curto prazo através do seu esforço, este não se deve sentir desanimado simplesmente porque não obtém bons resultados. Pode é ter que fazer aperfeiçoamentos até atingir o sucesso esperado. Segundo (Chang, 2005), a experiência acumulada para a maturidade dos processos, é uma condição a ter em conta; daí a importância das reflexões que o professor pode e deve fazer acerca da influência que a sua prática tem nos seus alunos (Mason, 2002).

2.1.3 Importância do desenvolvimento profissional para a qualidade das práticas de ensino

Muitos autores (Alarcão, 1996; Brookfield, 1995; Gillentine, 2006; Schön, 1983) defendem que a reflexão sobre a prática profissional dos professores é um instrumento eficaz de aprendizagem e, acelerador de desenvolvimento. Cada professor pode delinear o curso da sua autoformação, reflectindo, observando, alterando a sua prática e procurando aprimorar-se. O êxito desta reflexão no aumento do conhecimento e da aprendizagem profissional depende do uso de instrumentos que se constituem como referência ou auxiliar para as suas práticas de reflexão, bem como da competência reflexiva de cada professor. Têm sido adoptadas diferentes estratégias no sentido de favorecer aquilo que Schön (1983) designou como "reflexão durante a ação" e "reflexão sobre a ação" porque a investigação acerca dos problemas de sala de aula tem evidenciado algumas potencialidades.

Também Lopes et al., (2010a; 2014) são de opinão de que a investigação sobre a mediação dos professores com recurso às narrações multimodais (que são mais do que apenas um relato na primeira pessoa) sobre a atuação do professor em sala de aula proporciona a percepção de aspectos relacionados com a própria prática, sobre o qual nunca tinha pensado e que precisam de alteração e evolução para que a melhoria das aprendizagens dos alunos em sala de aula aconteça.

A reflexão com base nas narrações multimodais (NM) contém em si mesmo um importante valor epistemológico. No entanto se o professor puder refletir em conjunto com os seus colegas a aprendizagem e o desenvolvimento profissional tornam-se mais concretos (Brookfield, 1995; Mitchel, Reilly & Logue, 2009). Segundo Yeigh (2008) o acontecimento de momentos de reflexão partilhada com "critical friends" permite ao professor a oportunidade de, com eles, encontrar novos sentidos para a prática profissional e acrescentar o seu conhecimento relativamente à mediação das aprendizagens dos alunos de Ciências Físicas. A reflexão é um componente imprescindível numa aula. Fazer investigação sobre o ensino pressupõe reflectir-se sobre as práticas de ensino e as condições em que ocorre a aprendizagem. Como referem Bishop e Goffree (1986), através da actividade não aparece a aprendizagem simplesmente, mas sim da reflexão sobre a mesma. Deste modo, é importante possibilitar aos alunos momentos onde possam pensar e, sobretudo, reflectir sobre actividade realizada.

2.1.4 Desenvolvimento profissional autodirigido

Os professores são indivíduos talentosos e dedicados que ganham enorme experiência através da interação com os alunos, e possuem uma riqueza de conhecimento que deve ser explorada e partilhada. No entanto, os professores são diferentes uns dos outros em termos de conhecimento teórico e profissional. Os professores só constroem o seu desenvolvimento profissional, se forem participantes ativos na sua construção de conhecimento e na adequação dos programas para as suas necessidades e suas motivações (Priestley et al., 2012). O desenvolvimento profissional não deve ser considerado como um dever administrativo, mas sim como um esforço ao longo da carreira visando a divulgação dos fatores que contribuem para o sucesso de todos os alunos e professores.

Parte do processo relativo ao desenvolvimento profissional do professor deve ser a identificação da área de interesse, estudando as melhores práticas e criando uma visão de realização em sala de aula e de aprendizagem do aluno com base nessas melhores práticas (Cope & Kalantzis, 2010).

Deve-se identificar as lacunas entre o que é real e o ideal. O professor então compara as práticas efectivas com o ideal para identificar falhas. A partir dessas falhas, as metas de desenvolvimento profissional serão estabelecidas. Todo o desenvolvimento profissional deve ser auto-dirigido, assim como, os professores devem ter autonomia para escolher como

querem usar os seus recursos. Como os alunos têm diferentes estilos de aprendizagem e necessidades, a organização de atividades feita pelos professores deve refletir isso. A investigação diz-nos que o desenvolvimento profissional é mais eficiente quando os professores controlam a sua própria aprendizagem (Hargreaves, 2007). As escolhas para o desenvolvimento profissional devem ser feitas com cuidado, envolvendo o professor na reflexão sobre a sua prática, e muitas vezes incluindo a colaboração com os seus pares. O desenvolvimento profissional de professores, frequentemente entendido como o crescimento da prática e do conhecimento profissional, permitiu que professores e profissionais de ensino tivessem a oportunidade de alargar as suas estratégias pedagógicas e de ensino, em muitos aspectos, permitindo ao professor criar condições para os alunos participarem na elaboração de conhecimento focalizado no assunto ensinado ou conjunto de habilidades a serem desenvolvidas (Cope & Kalantzis, 2010).

Os professores precisam de sentir que são ouvidos, capazes e terem apoio ao construir o seu desenvolvimento profissional. Os professores devem dispor de tempo, recursos e idéias para criar os seus próprios objectivos de aprendizagem profissional que, por sua vez, irá conduzir ao desenvolvimento profissional. Se for feito de modo isolado, as experiências de desenvolvimento profissional, na maioria das vezes não levam a quaisquer mudanças nas práticas de sala de aula. Essas experiências precisam de ser parte de um processo iniciado pelo professor, ter objectivos de preparação,e acompanhamento na implementação (Hargreaves, 2007).

2.2 Práticas de ensino

As práticas de ensino de Ciências precisam de uma atenção da investigação e dos professores, para que de maneira visível se melhore a sua qualidade e assim também a qualidade das aprendizagens dos alunos.

A figura do professor é sempre o centro em qualquer sistema educativo, qualquer que seja o modelo adoptado.

Estudar as condições, os contextos e as práticas assim como as intenções do professor que lhe subjazem (Lopes, 2004; Lopes, Viegas, & Cravino, 2009; 2010b), é um desiderato de qualquer sistema educativo no qual o professor também se deve envolver.

Impõe-se hoje ao professor que seja ele a estabelecer o currículo, vivendo-o e reconstruindo-o com os seus colegas e os seus alunos; mas ao mesmo tempo, delega-se-lhe

essa tarefa, acreditando que tem competência de a executar (Cachapuz et al., 2001). Na mediação realizada pelo professor com pequenos gestos ou atitudes pode estar uma atitude que fomenta a autonomia, (Viegas, 2010) como por exemplo: (a) dar mais tempo aos alunos para responderem, não interrompendo; (b) tentar averiguar, através de questões, quais as orientações que os alunos têm em mente para responderem a um problema; (c) deixar os alunos envolverem-se na realização da tarefa, dando-lhes o tempo necessário; (d) permitir que os alunos se ajudem uns aos outros e partilhem as suas ideias; (e) encorajar os alunos ao desenvolverem o trabalho; (f) sempre que se verifique que os alunos têm um ou outro constrangimento fornecer ajuda para o desvendar; (g) aceitar os pontos de vista dos alunos, responder às questões destes ajudando-os a progredir; (h) elogiar os alunos relativamente aos seus sucessos dando-lhes a conhecer outros caminhos que podem seguir (i) Sem influenciar directamente o aluno, o professor deve-os estimular a pensar e a trabalhar (Reiser, 2004).

Se no ensino, o professor tem um papel dominador não permite que os alunos desenvolvam competências, uma vez que a prática de aprendizagem se torna mais incompleta ou escassa (Pedrosa de Jesus et al., 2003), pois os alunos possuem um papel passivo e pouco central na construção da sua aprendizagem, não são reconhecidas as acções dos alunos durante a realização das tarefas e não há interacções de qualidade que os encoraje.

Já existem estudos precisos sobre o envolvimento dos alunos, em contexto de aula, focando o valor das tarefas autênticas (Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2007a), ou sobre a relação entre o esforço do professor para envolver os alunos no trabalho experimental, e o envolvimento efetivo dos alunos (Cunha, Lopes, Cravino & Santos, 2012a).

Assim, se o professor fizer um esforço para que o ambiente criado em sala de aula, seja benéfico, engrandecendo a opinião de todos, ou seja, dando aos alunos o estatuto de sujeitos epistémicos, além de poderem ser dadas indicações no desenho curricular acerca da mediação planeada (trabalho em grupo, discussões com a turma, trabalho de projecto, etc.), estes usam e desenvolvem práticas epistémicas (Lopes, 2004).

A maneira como os alunos fazem as suas aprendizagens e como trabalham poderá ser condicionada pelo ambiente de sala de aula. Como refere Redish (2003), se o ambiente social for propício para a aprendizagem, em que os alunos podem discutir as suas ideias com o seu professor e os seus pares, sentem-se com autoridade para colocar o seu ponto de vista, contribuindo para o seu envolvimento produtivo construindo o seu conhecimento e desenvolvendo competências (Engle & Conant, 2002).

Embora haja poucos estudos acerca das práticas de ensino em sala de aula com o uso de SC (Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012), há muitos estudos sobre os potenciais benefícios do uso das SC para a prendizagem de Ciências Físicas (Smetana & Bell, 2012).

A mediação do professor, em sala de aula, se tiver certas características leva os alunos a envolverem-se produtivamente (Cunha et al., 2012a) na realização das tarefas. As principais características (estudadas), da mediação para promover o envolvimento dos alunos de modo produtivo são dar autoridade aos alunos, e manter a tarefa como desafio, partindo do princípio que a tarefa foi concebida e colocada como desafio. O mesmo estudo identifica que um professor pode ter várias maneiras de manter a tarefa como desafio (manipulando os recursos para os alunos os poderem usar de forma habilidosa; induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática solicitando-lhes clarificações) e várias formas de dar autoridade aos alunos (permitir que os alunos realizem as tarefas com autonomia e responsabilidade e dando incentivos para se envolverem produtivamente).

Considera-se também que para ir ao encontro de vários estilos de aprendizagem dos alunos durante uma aula, o tipo de tarefas deve ser variado (Felder & Silverman, 1988) e para promover um crescimento sustentado das aprendizagens e permitir maturação e desenvolvimento de competências devem ser em quantidade suficiente.

É muito importante tornar os objectivos claros e explicitá-los desde o início, pois se os alunos conhecerem os objectivos que as tarefas propostas conseguem alcançar (através da mediação adequada do professor), mais facilmente se envolvem nelas (Biggs, 1999).

De maneira a implementar as tarefas de forma adequada em sala de aula e seguir melhor as aprendizagens dos alunos, é evidente que tanto as tarefas como a mediação associada vão sofrendo ajustes até cumprir o desenvolvimento das aprendizagens pretendidas.

Segundo Shulman, (1986) o factor mais importante das características das práticas de um professor é como este integra os diversos saberes na sua prática profissional.

Pelo facto de se saber que as práticas de ensino com uso efetivo da SC, em contextos reais de aula, foram pouco estudadas, estudar a mediação do professor em sala de aula com tarefas que usam SC tem um interesse alargado na medida em que permite estabelecer relações entre a mediação para promover envolvimento dos alunos e o envolvimento produtivo dos alunos (Rutten et al., 2012).

Autores como Leach e Scott (2003) tinham já identificado ser fundamental, verificar como na prática perante os contextos sócio-culturais diversificados que se podem encontrar, se conseguem desenvolver as aprendizagens pretendidas em sala de aula, descobrindo formas

de adaptar e tirar o melhor partido do que tinha sido planeado, aprendendo e melhorando com a experiência. Pois, não chega simplesmente estudar (teoricamente) as melhores formas de apresentar e desenvolver determinados assuntos em sala de aula.

A reflexão sobre a prática ajuda o professor a ajustar a construção curricular, no que diz respeito ao plano curricular que melhor se adapte ao que é necessário relativamente à aprendizagem dos alunos, modificando a tarefa, a mediação, a aula, recursos e avaliação de forma a que tudo funcione como um todo harmonioso. Também no que diz respeito às tarefas, estas devem ser melhoradas de forma a potenciar a aprendizagem dos alunos, alterando o seu desenho tendo em conta as observações práticas de como é que estas foram percepcionadas pelos alunos (Mason, 2002; Viegas, 2010).

Outra das funções da reflexão sobre a prática é verificar aspectos da mediação efectiva de um professor que resultam e outros que podem ser melhorados, assim como mostrar a sua importância a outros colegas (Viegas, 2010). Através desta reflexão também é possível detetar a importância de criar momentos que despertem a atenção dos alunos e a discussão entre eles; arranjar maneira de diminuir ou eliminar a possibilidade de uma ideia de um aluno não ser ouvida ou debatida na aula.

Quantos mais factores os professores conseguirem combinar nas suas práticas de mediação, maior é a possibilidade de desenvolver nos seus alunos aprendizagens de qualidade; mesmo que não seja possível integrar todos os factores de eficácia das suas aulas (Light & Cox, 2001; Mason, 2002).

A preocupação pela qualidade do ensino e da aprendizagem, junta com o reconhecimento de que as inovações não se fazem por decreto, requer dos professores um espírito de pesquisa, próprio de quem sabe e quer contribuir para o conhecimento sobre a educação. Simultaneamente, esta postura contribui para o desenvolvimento profissional dos professores e para uma melhoria na qualidade das aprendizagens dos alunos.

2.2.1 Relação entre a Investigação em Didáctica das Ciências e as Práticas de Ensino dos Professores de Ciências nas Escolas

Nos anos 90 propagaram-se as evidências de desarticulação entre a Investigação e as Práticas (Costa, Marques & Kempa, 2000; Hurd, 1991; McGaw, 1997) e, no caso específico da Educação em Ciência, a existência de uma vala entre a Investigação em Didáctica das Ciências e as Práticas lectivas dos Professores de Ciências (Cachapuz, 1997; Cachapuz, Praia

& Jorge, 2002; Costa, 2003; Brown, 2005), tornando iminente a necessidade de o compreender com vista a diminuí-lo (Costa et al., 2000; Sá, Costa, Canha & Alarcão, 2002).

O enquadramento em que apareceram estes primeiros estudos foi assinalado por diversas críticas sobre a qualidade e importancia social desempenhada pela Investigação em Educação até então produzida, levando inclusivamente à ameaça (e corte efectivo) de verbas, como, por exemplo, no Reino Unido (Costa, 2003). Alguns investigadores deste país (e.g. Davies, 1999; Hammersley, 1997) colocaram-se contra as críticas e entraram numa polémica provocada pelo *Research for Evidence-based Teaching* evidenciada nos artigos da época. Passou então a haver uma preocupação crescente com o estabelecimento de relações entre a Investigação-Práticas, bem como a compreensão dos problemas das práticas, através de investigações baseadas nas práticas (Brown, 2005), resultado de vários projectos de investigação da altura. Estas iniciativas pareceram estar relacionadas com a implementação das reformas educativas e o aumento do sucesso escolar dos alunos (Bourke & Holdrook, 2002).

Um estudo de impacte (Gonçalves, Fonseca & Mouraz, 2003) analisou, o impacte da Investigação nas Práticas curriculares de uma Escola que se envolveu ao longo de vários anos em diversos projectos investigativos justificados pelo crescente aumento, quer de investigações realizadas nas escolas no âmbito das Pós-Graduações (Mestrados e outros), quer dos cursos de Complemento de Formação para obtenção do grau de licenciatura. Também, as diversas propostas das Políticas Educativas, tais como o Projecto de Gestão Flexível do Currículo, a Reorganização Curricular da Educação Básica, a Revisão Curricular do Ensino Secundário e a implementação do Modelo de Gestão Autónoma das Escolas mostraram-se como oportunidades únicas para a investigação potenciar a sua intervenção nos contextos escolares, designadamente no que diz respeito à componente conceptual do currículo. Não obstante, muitos destes estudos tiveram motivações decorrentes essencialmente de objectivos académicos com o enquadramento institucional em que foram realizados. Perrenoud (1999) julga que este paradigma exige formadores críticos e reflexivos que desafiem os seus alunos (futuros professores) a serem mais activos enquanto_profissionais da educação. Salienta algumas diferenças entre a prática reflexiva e a investigação educacional. Defende, a necessidade de um processo reflexivo e crítico na formação de professores, incluindo, além dos formandos, os próprios formadores e investigadores e os currículos dos cursos. Ou seja, desafia a mudanças no contexto da Formação de Professores e, consequentemente, nas universidades para que se alinhem ao novo paradigma.

Os atuais seguidores da prática reflexiva, a este propósito defendem uma formação académica articuladora numa visão moderada apoiada no complemento da teoria e prática/acção (Alarcão & Canha, 2008) porque a teoria informa a prática e vice-versa (Gravani, 2008).

Ponte (2002) alega que alguns autores, como, por exemplo, Alarcão (2001) e Richardson (1994) e não distinguem o conceito de professor-investigador com os conceitos de investigar sobre a prática, profissional reflexivo, e participante em projectos de investigação-acção. Além disso, refere que o professor-investigador pode ser alguém que investiga sobre outros assuntos exteriores à sua prática de ensino, por exemplo, investiga em determinada área científica.

Relativamente à reflexão, Ponte (2002, p. 8), considera que "*Não se concebe alguém que faça investigação sobre a prática e que não seja um profissional reflexivo* [...] *Mas, provavelmente, não basta ser reflexivo para se fazer investigação"*. Assim, Cruz (2012) não considera o professor-reflexivo como sinónimo de investigar sobre a prática e investigação-acção; inclusivamente, num trabalho seu (Cruz, 2005, pp. 124-125), baseado em Schön (1983, 1987), diferenciou os tipos de reflexão do ensino, a saber:

1. Reflexão na acção;
2. Reflexão sobre a acção (professor reflexivo);
3. Reflexão para a acção (professor meta-reflexivo).

Pelo facto de não ter "exercitado" aquilo que entendemos ser a reflexão sobre a acção, o professor pode passar todo o seu percurso profissional sem ter consciência dos seus saberes fazer, embora os utilize com frequência. É através da reflexão na acção que o professor começa a construir alguns dos seus saberes-fazeres (teorias pessoais, subjectivas e não explícita). Assim sendo, a reflexão sobre a acção torna claro uma parte desses saberes tácitos, dando ao professor uma maior segurança para resolver determinadas questões (crenças e princípios de actuação provenientes da experiência profissional, embora não consiga um nível elevado de organização interna e de coerência). Segundo Cruz (2005) só com a reflexão para a acção presente é que o professor prossegue para a autonomia, desenvolvimento profissional, e conhecimento sobre si, que lhe permitem controlar uma série de situações que para outros não parecem ser controláveis.

É de referir que a investigação académica pode englobar a meta-reflexão nas investigações sobre a prática profissional, mas nem toda a investigação tem carácter meta reflexivo.

Assim, excluindo a questão de professor-reflexivo e incluindo o de meta-reflexivo, verifica-se ainda a existência de duas concepções de investigação/prática investigativa, a investigação académica e a investigação sobre a prática profissional (inclui a investigação-acção e obviamente a meta-reflexão):

Entretanto, Ponte (2002) refere que a investigação sobre a prática contribui para o desenvolvimento profissional dos professores em causa e desenvolvimento organizacional das respectivas instituições, ao mesmo tempo que gera importante conhecimento sobre os processos educativos, útil para outros professores, para os educadores académicos e para a comunidade em geral. Além disso, reforça o facto de os professores estarem numa situação privilegiada, que permite uma visão de dentro da escola sobre as suas realidades e problemas.

Estamos de acordo com Ponte, porque na investigação académica levada a cabo por professores em contexto académico, entendemos que se torna mais difícil a separação dos dois processos acima mencionados, pois obviamente muitos Professores são impelidos fundamentalmente pela tal atitude construtiva perante a profissão do professor reflexivo que visa a melhoria das suas práticas, mas também ancoram esta actividade em procedimentos teóricos e metodológicos, produzindo conhecimento potencialmente validado como conhecimento de referência.

A investigação realizada por professores no seu primeiro contacto com a investigação deveria ser voltada para o desenvolvimento profissional (individual e colectivo dos pares) e institucional da Escola (e não voltada para a construção de conhecimento no campo da Didáctica).

2.2.2 Contributos da Investigação para as Práticas de Ensino

Os alunos dos professores que têm práticas de ensino que têm como base uma pedagogia transmissiva e descontextualizada apresentam mais dificuldades e perdem o interesse pelo estudo das ciências (Lyons, 2006). Em contrapartida, os professores que seguem uma prática de ensino que assenta num discurso aberto e criativo, acabam por promover a aprendizagem das ciências e promover oportunidades para os alunos explorarem a instrução formal das Ciências e partilhá-la com os colegas e pares (Crawford, Kelly & Brown, 2000). Se isto acontecer os alunos envolvem-se em práticas epistémicas que, foram já estudadas por diversos autores (Jiménez-Aleixandre & Reigosa, 2006; Reveles, Cordova & Kelly, 2004).

Muitos autores, (e.g., Kelly, Chen & Crawford, 1998; Kelly & Duschl, 2002) alegam que a Ciência é prática, e por isso consideram a prática experimental o mais importante para aprender Ciência. Autores muito influenciados pela perspectiva CTS são da opinião de que as práticas epistémicas, que surgem da necessidade que os alunos sentem para resolver um problema e estão ligados à mobilização do conhecimento já existente e à utilização de procedimentos tais como a descrição, representação, previsão, entre outros (Lopes, Branco & Jiménez-Aleixandre, 2011), são centrais à produção, comunicação e apropriação do conhecimento. As práticas epistémicas são reforçadas pelo aparecimento de mediadores epistémicos (Lopes et al., 2010a). Estudos efectuados por (Roth, 1998; Roth & Bowen, 1995) mostram estratégias de ensino que se apoiam em situações reais e baseados em ocorrências que os alunos consideram interessantes são mais valorizados do que aqueles onde só se realiza o trabalho de sala de aula, sem perceberem o que lhes é verdadeiramente solicitado (Hodson, 2001). No entanto, quando os alunos entendem o que se lhes pede com as tarefas propostas, passam a usar estratégias mais apropriadas para as suas aprendizagens (Butler, Lauscher, Jarvis-Selinger, & Beckingham, 2004). Neste decurso, os alunos são incentivados a articular e explicar as suas ideias e a respeitar as ideias dos seus colegas (Crawford et al., 2000). Assim, o apoio dado pelo professor aos seus alunos para que sejam capazes de reflectir acerca do seu pensamento, identificassem os seus problemas e concedendo-lhes gradualmente maior responsabilidade num desempenho mais autónomo (Collins, Brown & Newman, l989). Este suporte dado pelo professor, enquanto necessário, no sentido de levar os alunos a desenvolverem as estratégias do seu pensamento é de crucial importância nos processos de ensino e de aprendizagem. Por um lado, permite-lhes que se tornem mais independentes em relação à formulação de questões e elaboração de estratégias para realizarem investigações (inquiry), na obtenção de soluções e avaliação dos resultados.

Neste enquadramento, as práticas epistémicas dos alunos devem ser resultado, da resolução de problemas baseados em tarefas reais, para as quais o professor disponibiliza recursos adequados. Quando os alunos se envolvem de modo eficaz na resolução da tarefa, melhoram as suas justificações e argumentações e colocam questões mais elaboradas, nesta perspectiva o papel da tarefa apresentada aos alunos tem uma importância fundamental (Jiménez-Aleixandre, & Reigosa, 2000). Alguns estudos mostram que as tarefas ditas autênticas têm muita importância pela maneira como usam o conhecimento na vida real (Herrington & Oliver, 2000; Nicaise, Gibney & Crane, 2000), já que estas tarefas são apoiadas em problemas reais (Brown, Collins & Duguid, 1989; Roth, 1994). Os alunos são

incentivados a desenvolverem a sua maneira de pensar e a envolverem-se mais ativamente nas suas aprendizagens, quando confrontados com experiências da vida real e ambientes que simulam problemas do mundo real (com as suas complexidades e limitações) (Newmann & Wehlage, 1993). As tarefas que os alunos realizam deveriam ter importância no mundo real, serem tarefas complexas para serem resolvidas durante um período de tempo longo, em vez de um conjunto de exemplos curtos e sem qualquer ligação (Brown et al., 1989; Reeves & Reeves, 1997). Para além disso, a formulação de uma tarefa deve ser clara, breve, escrita em linguagem acessível para os alunos e real, de modo a que participem em processos cognitivos e reflitam sobre o mundo que os rodeia. Para que uma tarefa seja considerada autêntica; que tenha importância no mundo real e esteja bem contextualizada é preciso que seja possível executá-la num tempo ajustado; estar de acordo com os tempos escolares e recursos disponibilizados; conter problemas abertos a várias interpretações consentindo a resolução de sub-tarefas com vista à resolução da tarefa principal; fomentar oportunidades para ser examinada de diferentes olhares de modo a que o aluno detecte e seleccione informação relevante da irrelevante; promover a interajuda, oportunidades de tomada de decisões e de reflexão; encorajar a interdisciplinaridade, envolvendo os alunos em diversas actuações; promover a reflexão da avaliação do mundo real (Herrington, Oliver & Reeves, 2006).

O modo como a tarefa é apresentada aos alunos, a sua contextualização numa dada situação física, a sua dificuldade conceptual e o tipo de trabalho solicitado são aspectos que devem existir e ter-se em atenção de modo a que implementação e condução da tarefa em sala de aula promova práticas epistémicas nas nossas escolas (Lopes, Cravino, Branco, Saraiva & Silva 2008a).

Para que os alunos desenvolvam práticas epistémicas, os professores têm que lhes dar o apoio necessário, o que nem sempre é fácil, pois os esforços dos professores nem sempre resultam na promoção de práticas epistémicas nos seus alunos.

Quando a actividade dos alunos é muito controlada pelo professor, este tipo de ensino, não permite que os alunos desenvolvam competências porque as suas experiências de aprendizagem tornam-se incompletas ou pouco vantajosas (Pedrosa de Jesus et al., 2003). Para Lopes et al., (2010a), a autonomia dada pelo professor pode consistir em pequenas coisas como por exemplo: dar tempo aos alunos para se envolverem na tarefa, só lhe dar uma ou outra pista quando se vê que o aluno está num ponto de bloqueio que já não é capaz de sair dali, deixar os alunos partilharem as suas ideias e estabelecerem a interajuda e ouvir os alunos até ao fim sem os interromper.

Por outro lado, (Felder & Silverman, 1988) consideram que o tipo de tarefas a ser executado durante uma aula deve ser o mais variado possível e ir de encontro a cada género de aprendizagem dos alunos. Para que alunos se envolvam mais facilmente nas tarefas, e alcançem as aprendizagens desejadas, é importante que o professor através de uma mediação adequada apresente essas tarefas com objetivos claros desde o início (Biggs, 1999; Lopes et al., 2008). Porque os alunos só se envolvem autonomamente numa tarefa se entenderem o que é pretendido (Lopes et al., 2008a).

Sabe-se que o papel dos professores para fomentar a aprendizagem dos alunos é importante como "principais técnicos de contingência" (Dias, 2004; Ponte, 2003) no ambiente de sala de aula. Como sendo o responsável desenvolvimento académico e social dos seus alunos, o professor deve criar no ambiente de sala de aula um envolvimento de aprendizagem positiva, onde deve existir por parte do professor e do aluno, atenção, participação, paciência, respeito, motivação e realização de trabalho produtivo. De acordo com Engle e Conant (2002), quando são evidentes progressos no conhecimento dos alunos, diz-se que estes estão envolvidos produtivamente. No caso de os alunos trabalharem no sentido de adquirirem ideias e habilidades mais complexas para a aprendizagem, o envolvimento que está associado é o cognitivo (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004).

Existem estudos (Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2007a) acerca do envolvimento do aluno na sua aprendizagem em ambientes naturais de sala de aula de Ciências, que salientando a importância das tarefas autênticas para os envolver ou para estabelecerem relações entre as estratégias de "scaffolding" e grau do envolvimento dos alunos (ex: van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010). Segundo Melo, 2011 considera que é importante estudar a relação entre o esforço do professor para envolver os alunos no trabalho experimental em sala de aula, uma vez que este é um recurso didático pouco utilizado pelos professores. É na sala de aula que uma grande parte dos processos de ensino e de aprendizagem ocorrem no seio de uma cultura escolar estereotipada. Por isso é importante criar nela um ambiente agradável para que os alunos se sintam motivados e interessados em aprender (Bloome, Puro, & Theodorou, 1989; Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2007b). Também os estudos de Walberg, Fraser e Welch (1986) mostram que o ambiente de sala de aula tem influência nos resultados dos alunos em qualquer nível de ensino. Mesmo que o professor siga a sua conduta por um elevado grau de entusiasmo, justiça, correção, dedicação e interesse genuíno pelos alunos, o ambiente de sala de aula deve ser positivo, de modo que o aluno se sinta convidado a participar, a trabalhar, a partilhar e a reflectir (Pallof & Pratt, 2002). Mesmo com esta actuação o professor nem

sempre consegue as condições para a construção de um clima positivo e uma aprendizagem eficaz. Por vezes, mesmo o professor mais dedicado não consegue ultrapassar dinâmicas de grupo criadas entre os alunos. Apesar de o professor ser fundamental, por vezes não é tudo. Não lhe chega a sua competência científica para envolver os alunos durante as aulas em trabalho produtivo é preciso fazer esforços para que isso aconteça (Mestre, 2001; Viegas, 2010).

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

Um professor cria uma intervenção espontânea dos alunos, quando os envolve em tarefas de sala de aula, lhes dá autonomia, solicitando e dando-lhe valor às suas respostas (Alonso-Tapia, 1999). De modo a envolver produtivamente os seus alunos, o professor deve fazer esforços no sentido conceber a tarefa e relacioná-la com o conceito de problema e desafio (Cachapuz et al., 2001) e a maneira como coloca a tarefa aos seus alunos (Lopes et al., 2008a). Alonso-Tapia e Pardo (2006) são de opinião que motivar os alunos para a aprendizagem é uma tarefa árdua, e que o pode conseguir dando-lhes autonomia necessária para atingir os seus objetivos. È possível motivar os alunos colocando-lhes tarefas diversificadas aproximando os objetivos de aprendizagem (Viegas, 2010) daquilo que estes realmente fazem (Felder & Silverman, 1988; Lopes, 2004; Perrenoud, 2003).

O envolvimento disciplinar produtivo permite ver como o aluno faz a sua aprendizagem momento a momento, através de aproximações reais, onde o aprender é um processo cognitivo e social (Viegas, 2010). Os argumentos dos alunos são cada vez mais requintados, reconhecem aprendizagens mais confusas e a discussão leva-os a colocar questões novas, a ligar ideias novas e criar algo de novo com vista a um objetivo (Engle & Conant, 2002).

Todas as atuações e linguagens do professor e alunos em sala de aula para a promoção das aprendizagens dos alunos constituem a mediação do professor definida por Lopes et al., (2008a), que inclui aspectos mencionados anteriormente como sendo, o ambiente de sala de aula, o envolvimento produtivo, apresentação e desenvolvimento da tarefa.

2.2.3 Planeamento do ensino

A construção de um currículo como corpo de aprendizagem é bastante complexa assim, Lopes (2004) identifica três pontos essenciais de onde se deverá partir:

- *Identificação dos temas e respectivos conteúdos;*
- *Justificação da relevância científica, tecnológica, social e ambiental* (contextualização/ re-contextualização dos conceitos);
- *Identificação das competências que se pretende desenvolver nos alunos.*

O primeiro ponto é muitas vezes confundido com o programa, e com o cumprimento do mesmo, daí haver uma preocupação geral sobre o mesmo (Lopes, 2004; Roldão, 2003). Apesar de os professores se esforçarem a cumprir o programa e embora seja dado integralmente não se tem a certeza de obter aprendizagens de qualidade.

Quanto aos outros dois pontos mencionados é pouco frequente aparecerem definidos porque em princípio tem sido feito pouco esforço consciente é feito para que sejam explicitados e desenvolvidos e também porque a maior parte dos professores não os conhece ou não lhe reconhece importância (Roldão, 2000). Como o principal do currículo está na ligação entre as várias instruções ou seja, a sua interpretação em aprendizagens e competências que permitirão a integração dos alunos na sociedade (Roldão, 2000).

Para Lopes, (2004) depois de atingidos os pontos de partida e no sentido de cumprir o currículo, deverá ter-se a preocupação de:

- Antever os saberes dos alunos e mobilizar os relevantes;
- Definir os aspectos chave para a organização do ensino;
- Orientar a avaliação de forma a incidir sobre a capacidade (que vai sendo desenvolvida) de mobilizar adequadamente os conhecimentos integrados na resolução de novas situações (Redish & Steinberg, 1999).

A investigação mostra os alunos desenvolvem mais facilmente a sua aprendizagem, se o ensino estiver orientado para os ajudar a desenvolver competências que ainda não tenham, mas que são capazes de as conseguir (Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2001).

Estes autores verificaram a diferença entre o nível efectivo de desenvolvimento intelectual dos alunos e o nível potencial, baseados em Vygotsky; consolidando assim, a importância de desenvolver tarefas relevantes para este nível e estas serem oportunamente mediadas. Na escola alunos estão habituados a ser avaliados sobre os trabalhos de saber-fazer

em vez dos intelectuais, ou seja trabalham-se mais as capacidades do que as competências Perrenoud (2003). Muitas vezes os alunos detêm os saberes sem os inserir num dado contexto.

Um dos primeiros passos a ter em conta para desenvolver uma dada situação formativa é a identificação de competências que se pretendem desenvolver para os objectivos a atingir (Lopes, 2004) para posteriormente se desenvolverem tarefas adequadas de forma a se conseguirem trabalhar. Há que ter em linha de conta que as concepções dos alunos de determinados assuntos (por vezes erradas) pode ser um constrangimento na aprendizagem dos alunos se estas concepções não forem discutidas e trabalhadas (Lopes, 2004; Mestre, 2001). Se a aprendizagem for inserida no contexto social onde o aluno está, e aplicada aos interesses da comunidade a que se dirige, este objectivo pode ser alcançado mais facilmente. A exploração da contextualização no ensino em proveito das boas aprendizagens tem vindo a ser feita por diversos autores (Cravino, 2004; Duit, Mikelskis-Seifert, & Wodzinski, 2007; Lopes, 2004).

Quando os conteúdos são explorados através de situações contextualizadas (reais, hipotéticas, simuladas, ou outras) dentro das especificidades e interesses da comunidade de ensino, os objectos de aprendizagem tornam-se mais transparentes e motivantes (Cravino, 2004; Stinner, 1994). Não se expões assim a abordagens muito gerais, dando, por vezes, mais destaque a métodos matemáticos (que os alunos ainda não dominam), descuidando os conceitos e sua interligação (Cravino, 2004; Lopes, 2004; Mestre, 2001; Silva, 1999; Stinner, 1994).

De modo a incentivar este tipo de aprendizagem nas aulas teóricas, Mazur (1997) desenvolveu questões conceptuais de escolha múltipla, em que algumas das opções eram as respostas mais comuns dos alunos (Halloun & Hestenes, 1985). Mazur (1997) aplicou esta abordagem ao ensino de grandes audiências, típicas de aulas teóricas, incitando a aprendizagem através de discussões entre os colegas próximos a cada um.

Assim, pode-se afirmar que existem características importantes a ter em conta no desenho das tarefas: serem contextualizadas, permitirem a mobilização dos conhecimentos anteriores e trabalharem o desenvolvimento de competências. Para Chang e Bell, (2002) é necessário haver equilíbrio entre tarefas muito complicadas e tarefas muito fáceis, pois qualquer uma é desmotivante para os alunos, passando-se o mesmo se o ritmo de trabalho for demasiado intenso.

O tipo de tarefas deve ser em quantidade suficiente para promover um crescimento sustentado das aprendizagens e permitir desenvolvimento de competências podendo assim ir de encontro aos vários tipos de aprendizagem dos alunos (Felder & Silverman, 1988).

O professor deve estar com atenção a situações que os alunos não consigam ultrapassar de todo e/ou sinais de desmotivação, bem como informado acerca dos sucessivos progressos. Assim, para que os alunos desenvolvam competências, o professor torna-se num facilitador do processo podendo ajustar cada situação do aluno de modo a alcançar os objectivos pretendidos. O cuidado de intercalar, durante a aula, momentos de discussão com momentos de trabalho autónomo (não necessariamente individual), ou momentos mais expositivos, reforça a atenção dos alunos. Como já se mencionou atrás a apresentação das tarefas aos alunos e a mediação utilizada pode ser uma condicionante do trabalho real que o aluno irá realizar (Lopes et al., 2008a).

O professor não deve substituir o aluno no seu trabalho (Redish & Steinberg, 1999), pois ao fazer isso, o professor não está a deixar o aluno evoluir. A maior dificuldade do professor "é resistir à tentação de explicar logo o melhor caminho a seguir para evitar complicações…" (Mason, 2002). Poder-se-ão reforçar aprendizagens significativas, se além do esforço do professor em sala de aula de modo para facilitar a ligação com os saberes anteriores e a estruturação dos conhecimentos dos alunos e a terem uma atitude reflexiva; também as tarefas a propor sejam desenhadas com cuidado de forma a que promovam práticas epistémicas (práticas científicas que promovam a construção do conhecimento (Lopes, 2004; Lopes et al., 2008a; Trigwell, Prosser, & Waterhouse, 1999). Para facilitar esta tarefa em sala de aula o professor deve incentivar os alunos a questionarem-se, preverem situações, experimentarem, tentarem construir explicações baseadas no que aprenderam e só após estas fases, explorá-las em conjunto.

2.2.4 Práticas de estudo dos alunos

Os alunos normalmente seguem uma prática de estudo de modo a que a possam reproduzir facilmente, o que estudaram, ou apenas com vista a um resultado final, ao invés de terem a preocupação de compreender e evoluir no conhecimento (Prosser, Ramsden, Trigwell, & Martin, 2003). Segundo Trigwell et al., (1999), os alunos tendem a aplicar na sua prática de estudo a abordagem que os seus professores tiveram durante o ensino.

É muito importante que desde o início da formação académica o aluno seja confrontado com a necessidade de (re)construir o seu conhecimento, ligando os conceitos, sendo capaz de os utilizar em situações distintas de forma eficaz e relevante (Streveler, Litzinger, Miller, & Steif, 2008).

As boas práticas de estudo não é o caminho seleccionado de forma natural pela maior parte dos alunos, por isso, o tipo de avaliação deve ser variado e alinhado com este propósito e a mediação do professor ser determinante para que isso aconteça.

Mesmo que os alunos estejam mais acostumados a aulas expositivas nas quais têm um papel passivo e por vezes reagirem mal a práticas em que passam a ser mais activos e responsáveis pela sua aprendizagem e em que têm maior quantidade de trabalho a desenvolver (Chang & Bell, 2002; Crouch & Mazur, 2001), a maior parte dos alunos rapidamente entende ser mais vantajoso. Há então que ter o cuidado de ajudar os alunos a abandonar a motivação de trabalhar apenas para ter aprovação e desenvolver uma motivação de aprender Ciências.

A troca de ideias entre os alunos em grupo não só aumenta o interesse como promove o espírito crítico (Gokhale, 1995).

Na aprendizagem colaborativa, é imperativo os alunos colaborarem efectivamente entre si, pois o sucesso de um aluno ajuda os outros a terem sucesso, assim como ao contrário, daí os alunos serem responsabilizados pela aprendizagem dos outros, assim como da sua.

As diferentes práticas de ensino podem ser melhor entendidas e melhor difundidas, levando ao seu melhoramento e aumento da qualidade das aprendizagens (Leach et al., 2005; Lopes, 2004; Mestre, 2001; Redish, 2000; Thacker, 2003.

Há professores que querendo que os seus alunos perfilem abordagens de aprendizagem profunda, sem querer desencorajam-na, ao sujeitar os alunos apenas a tarefas didácticas metódicas, que os alunos conseguem realizar sem ter necessidade de uma compreensão profunda dos conceitos (Ramsden, 1992). Assim, a reflexão sobre as práticas de ensino contribui para que cada um se consciencialize melhor acerca da eficácia da prática e consequentemente do desenvolvimento profissional.

2.3 A influência das práticas de ensino no envolvimento dos alunos e nas práticas epistémicas

A actividade do estudante pode ser bem diferente do trabalho pedido pela tarefa, dependendo da mediação do professor.

Para promover a estruturação da tarefa e, consequentemente, reduzir a complexidade e escolha desta deve-se evitar o raciocínio difícil devido à complexidade ou à natureza não estruturada da tarefa (Lopes et al., 2008a).

As fichas experimentais abertas são indispensáveis porque, permitem criar a autonomia e a responsabilidade do aluno, assim como, promovem uma maior compreensão dos conceitos, dão lugar a um desenvolvimento progressivo da capacidade de planear e analisar criticamente (Lopes, Silva, Cravino, Costa, Marques & Campos, 2008b). O professor desejando que a teoria possa emergir da prática, deve estar receptivo à diversidade de respostas encontradas pelos alunos, pedindo-lhes para encontrarem explicações para os fenómenos estudados.

Se o professor ao ouvir as respostas dos alunos, lhes der de imediato a resposta certa, não dá aos alunos a oportunidade de construir os seus conhecimentos e não os envolve nas suas aprendizagens, não permitindo o desenvolvendo competências científicas, tornando-as em actividades fechadas (Lopes, 2004). Assim, Cunha, Branco, Lopes, Cravino e Santos (2009) sugeriram um modelo de estrutura para se proceder à concepção e construção de uma ficha experimental aberta para aulas de ciências.

Quando se apresentam as tarefas por partes em diferentes fases ou se procedem a reformulações que alteram verdadeiramente as características iniciais das mesmas, as tarefas apresentadas inicialmente aos alunos podem mudar as suas características ao longo da aula. Devido a estas alterações, os alunos podem ficar confusos, perder o controlo da tarefa, e podem até acabar por não saber o que realmente têm de fazer.

O professor deve estar atento a indicadores de envolvimento (ou de não envolvimento) dos seus alunos na realização das tarefas propostas, pois a eficácia da aprendizagem dos alunos passa pelo seu envolvimento nas tarefas da disciplina (Engle e Conant 2002; Cunha et al., 2012a).

Um ensino que dê atenção às práticas epistémicas permite um desenvolvimento de competências e conhecimentos mais avançado, do que o de um ensino centrado na apresentação de assuntos e que orienta estritamente para a aprendizagem de conceitos.

No ensino, por prática epistémica entende-se o trabalho que o aluno realiza com vista à construção de conhecimento científico tendo como referência a atividade dos cientistas. Para ser prática epistémica o aluno tem de mobilizar conhecimentos prévios e tem que construir conhecimento científico. As práticas epistémicas podem ocorrem "espontaneamente" ou serem induzidas pelo professor.

Da mesma forma que os professores devem tornar-se sujeitos epistémicos na construção de conhecimentos didácticos, para que os seus alunos se possam tornar sujeitos epistémicos na construção dos conhecimentos académicos (Cachapuz et al., 2001).

2.3.1 O papel das tarefas na aprendizagem

Autores como León (2000) reconhecem que a tarefa é um meio para gerir e proporcionar a aprendizagem dos alunos. As tarefas organizam a experiência e incentivam a aprendizagem do aluno. Silvestre-Oramas e Zilberstein-Toruncha (2000) consideram as tarefas como aquelas actividades que se encaminham para que o aluno as realize na sala de aula ou fora dela, pressupõem a busca e aquisição de conhecimentos, o desenvolvimento de competências e a formação integral do aluno. Para Lopes (2004), uma tarefa é um enunciado que propõe ao aluno o desenvolvimento de uma actividade mental e/ou manual, para que consiga efectuar a sua aprendizagem, num dado contexto educativo.

Quando se formula uma tarefa deve-se ter o cuidado de que o pedido da acção e o seu objectivo seja bem entendido pelo aluno. Esta formulação deve estar de acordo com as características dos alunos, a sua resolução deve mobilizar conhecimento, habilidade, atitudes e competências prévias dos mesmos. Para além disso, a sua execução deve permitir o desenvolvimento do conhecimento, habilidades, atitudes e competências dos alunos (Lopes, 2006). Para Lopes (2004), as tarefas devem consentir a operacionalização, indicar e desenvolver conceitos e competências; utilizar diferentes tipos de linguagem (natural, gráfica e matemática); serem representativas da utilização dos conceitos num grande conjunto de situações e consentirem as características específicas dos conceitos.

Segundo Tiberghien, Veillard, Maréchal e Buty (2001), o desenho das tarefas deve ter em atenção o objectivo das mesmas. Deste modo, deve ter-se em atenção o que se intenta que os alunos façam com os objectos; com as ideias; o grau de abertura da tarefa e a natureza do envolvimento dos alunos. Os contextos da tarefa como sejam a duração da tarefa; a interacção do aluno enquanto realiza a tarefa; as fontes de informação disponíveis para o aluno e o tipo de material envolvido, também não devem ser descurados.

A formulação rigorosa das tarefas aumenta a objectividade, a credibilidade e a relevância empírica da investigação (Bender, 2003). Uma estruturação cuidada da tarefa seja verbal ou escrita, é fundamental para o seu sucesso. Segundo Lopes (2004), o apoio apropriado baseia-se na estruturação e na problematização do trabalho dos alunos. Essa

monitorização deve ser essencialmente de negociação ou de desafio. Para melhorar o conhecimento, competências e atitudes dos alunos, o professor deve com base no trabalho dos alunos, testar as suas habilidades e capacidades aumentando assim a compreensão destes. Retirar as tarefas rotineiras pode ajudar os alunos a combater as aprendizagens superficiais em detrimento das profundas, pois permite centrar os recursos nos aspectos mais produtivos das mesmas para a aprendizagem, tornando-os mais explícitos sobre o seu raciocínio, (Reiser, 2004). A introdução da tarefa tem uma dinâmica e exigência próprias, que poderão influenciar decisivamente o sucesso do trabalho. Para Tudella et al., (1999), a apresentação da tarefa aos alunos poderá ser feita de maneiras diferentes, sendo um deles o modo misto. Este consiste na distribuição do enunciado escrito, que se complementa por uma apresentação oral para toda a turma. Esta apresentação oral pretende, por um lado, criar um ambiente favorável ao desenvolvimento do trabalho dos alunos e, por outro, clarificar a tarefa e explicitar o tipo de trabalho que se quer desenvolver com as investigações. A pensar em níveis etários mais baixos pode-se fazer uma leitura em grande grupo, fazendo uma ou outra sugestão ou comentário, questões pertinentes que permitam verificar se o aluno está ou não a entender o que se lhe propõe. O professor tem de ponderar sobre as questões que pode dar resposta ao aluno. Se o professor responder de imediato aos alunos e fizer muitas considerações podem-se perder aspectos de reflexão do aluno.

A apresentação da tarefa apenas por escrito, sem ser feita uma discussão inicial do enunciado, precisará de maior apoio do professor junto dos alunos ou nos grupos de trabalho, no sentido contribuir para o entendimento do que se pretende. No entanto se essa apresentação escrita estiver o mais clara possível, os alunos iniciarão a execução com maior autonomia. Neste tipo de trabalho espera-se que os alunos que têm mais experiência sejam mais independentes em relação ao professor e percebam mais facilmente o que lhes é pedido (Tudella et al., 1999).

Aquando da realização da tarefa o professor deve permitir aos seus alunos a mobilização das suas competências e do seu conhecimento. O professor deve, ainda, ajudar os alunos a dividir as tarefas, para que sejam realizáveis e os motivem de modo a alcançarem os objectivos educacionais. Deve, ter o cuidado de ver divergencias ente os esforços realizados pelos alunos e a solução (Hausfather, 1996). Para Reiser (2004) a pessoa detentora de mais conhecimentos ajuda mais os alunos a serem bem-sucedidos na realização de tarefas. O acompanhamento e as interacções ao longo da realização das tarefas, deve ter em conta o tipo de tarefas, de modo que as estas se tornem ajustáveis, moldando-as para que a sua solução

seja produtiva (Reiser, 2004). A tarefa deve fomentar o pensamento dos alunos, criando conversas e troca de opiniões entre eles, desenvolvendo a interacção e a autonomia.

Durante a realização da tarefa o professor deve ter uma intervenção de modo a corrigir alguns erros, bem como dar orientações da mesma desde o início desta (Tudella et al., 1999). Isto é, o professor deve intervir na altura apropriada, pois, o que o aluno consegue realizar aumenta com essas intervenções. O professor não deve ajudar na realização das tarefas, mas sim fazer com que este aprenda com a sua atuação e vá melhorando o seu desempenho, mesmo em tarefas futuras. O professor só permite que os alunos se envolvam na realização das tarefas e na sua aprendizagem se os incentivar a realizar todas as tarefas, lhes dê confiança e lhe desenvolva a autonomia Reiser (2004).

2.3.2 O papel dos alunos na realização e/ou problematização das tarefas

É dever do professor incentivar as questões dos alunos, propostas de trabalho e desafios, e não esperar que assimilem os factos, procedimentos e outras respostas, deste modo o professor está a permitir a problematização das tarefas por parte dos alunos.

Assim, o professor deve encorajar e autorizar os alunos a problematizar o que estão a querer aprender, de modo a compreenderem os problemas e saberem incluindo para si as devidas competências. Os problemas podem aparecer ao longo da execução das actividades ou serem apresentados pelos seus professores (Engle & Conant, 2002; Reiser, 2004).

Por exemplo, as questões fechadas podem vir a ser abertas e problematizadas. Os problemas só devem ser abertos a partir da visão dos alunos, saberem interpretá-los, usando os recursos e conhecimentos que têm e não a partir da visão de especialistas.

A leitura de livros e a obtenção de informação diversa permite a problematização das questões em causa. A estruturação de uma determinada unidade, e o professor são factores fulcrais no desenvolvimento da técnica de problematização de um dado conteúdo em que o aluno está envolvido, (Lopes, 2004). Os professores podem começar a problematização de um dado conteúdo propondo ao grupo turma uma questão de escolha múltipla, que tem uma resposta correta, mas que nem todos os alunos a conseguem identificar facilmente. Assim, a problematização de um dado conteúdo é a causa de os alunos se envolverem nas questões problemáticas logo no início e ao longo do tempo. O envolvimento ao longo do tempo na execução da tarefa permite aos alunos melhorarem e apurarem mais a sua argumentação (Engle & Conant, 2002).

Os professores devem ter o cuidado de regular as questões para que os seus alunos as compreendam, mesmo que sejam respostas alternativas incorrectas, mas que façam sentido para muitos alunos (Cangelosi, 2000).

Sendo assim os alunos podem via a não concordar entre si sobre a solução da questão tornando-a assim uma questão problemática para eles próprios (Engle & Conant, 2002).

Quando o professor usa um tempo de aula para colocar questões aos alunos, as respostas e a discussão acerca de um problema, os alunos devem logo desde início ouvir com atenção as questões do professor, tentar encontrar uma resposta a essas questões e ordeiramente tentar dar uma resposta ao seu professor ou deixar os seus colegas expressar as suas opiniões (Cangelosi, 2000). Grangeat (1999) define o papel do aluno no seu processo de aprendizagem, considerando-o fundamental para que este aprenda, afirmando que o aluno para aprender precisa de saber como se faz para saber e como se faz para fazer.

Os alunos devem controlar o conhecimento conceptual, as suas habilidades, as suas estratégias pessoais e os seus processos cognitivos. Estas atuações encerram em si um trabalho de equipa, a comunicação, o projecto e a negociação em grupo, e o debate com os seus parceiros acerca de interpretações científicas (Reiser, 2004). É preocupação maior dos alunos a obtenção dos resultados finais do que as explicações e objectivos de aprendizagem (Perkins, 1998; Schauble, Glaser, Duschl, Schulze & John, 1995). Por isso, têm tendência em encontrar os resultados em vez de entenderem os princípios que estão subjacentes aos resultados finais (Krajcik, Czerniak & Berger, 1998). Os alunos costumam dedicar-se pouco à reflexão e à reavaliação, pois sentem dificuldade em trabalhar com investigações científicas, (Loh, Reiser, Radinsky, Edelson, Gomez & Marshall, 2001). Quando os alunos conseguem compreender bem, podem criar um excesso de confiança na sua auto-avaliação, não manifestando uma capacidade analítica eficaz (Reiser, 2004).

As componentes de interacção cognitiva e social abrangem argumentos científicos para convencer os seus colegas, ser atingido por questões e críticas, melhorar as explicações com base na troca de informações, (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Reiser, 2004).

O professor deve criar situações problema e tarefas fazendo com que os seus alunos encontrem as suas próprias soluções, após discutirem com os seus pares e o seu professor aspectos que possam ser pertinentes para a sua aprendizagem. Quando o professor está a tentar encontrar a resolução de um problema ou uma tarefa está a estimular o desenvolvimento do raciocínio e do espírito crítico e não de apoiar apenas soluções consideradas correctas.

2.3.3 O papel da mediação e da autonomia na realização de tarefas

O enriquecimento e aprofundamento das aprendizagens conceptuais dos alunos devem-se essencialmente ao papel do professor (Vygotsky, 1934). Este surge como um mediador da aprendizagem, (Lopes Cravino & Silva, 2008c). Podem ser criadas interacções de diálogos entre professor e alunos ou entre pequenos grupos de alunos, através do desenvolvimento de novos processos de explicação de fenómenos. Nestas interacções, são fornecidas aquilo que Bruner (1986), apelidou de scaffolding, para a aprendizagem dos alunos, ao mesmo tempo que constroem novos conceitos para si mesmos (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994).

Nas aulas de ciências ocorrem muitas interacções entre professor e alunos e estas referem-se a uma grande quantidade de conteúdos a serem ensinados.

O professor aparece como um tutor que exerce uma acção sobre o aluno, pois propõe ao mesmo situações e questões, dirigindo a sua actividade, diminuindo as suas possibilidades, propondo-lhe sub-objectivos, mostrando-lhe, informando-o, etc. (Mortimer & Scott 2002; Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998).

Segundo esta perspectiva, o ensino das ciências deve ser elucidativo dos contextos de uso na vida social e desenvolver a tomada de consciência, por parte dos alunos, dos elementos que compõem o seu perfil conceptual, com a avaliação das suas limitações, (Mortimer & Aguiar, 2005). Para que os alunos desenvolvam a compreensão de um tópico, devem envolver-se em diálogo interactivo ou não. A actuação do professor, o que ele promove com as suas intervenções, com as suas indicações acerca de como os alunos devem trabalhar, o apoio que fornece durante as investigações orienta o decorrer de uma dada aula.

O ambiente da aprendizagem é determinado pelas intervenções que o professor tem junto dos grupos e tem um papel fulcral. Às vezes, intervenções feitas de forma menos explícita revelam-se tão informativas como aquelas que são explícitas. A sala de aula, entendida como um espaço social, deve ser a parte essencial de situações nas quais alunos e professores estabeleçam interacções principais ao desenvolvimento do trabalho. A atuação e as intervenções do professor permitem que o aluno faça um juízo de valor acerca do que se pretende realmente com estas propostas e se passe a ter uma ideia diferente acerca do papel que o professor desempenha. A qualidade das condições em que ocorre a aprendizagem vai influenciar o envolvimento dos alunos, na sala de aula (Johnmarshall, 2006; Johnmarshall & Hyungshim, 2006). Através da interacção os alunos desenvolvem algum trabalho em

colaboração, partilhando o seu pensamento, para dar continuidade ao trabalho que realizam alcançando um trabalho mais precioso (Lopes, 2004). A fala e o discurso verbal são centrais para a comunicação, embora haja outros modos de comunicar em aulas de Ciências (Mortimer & Scott, 2002).

As actividades de sala de aula podem incentivar e melhores os recursos interiores dos alunos. É preciso fornecer aos alunos tarefas, actividades, recursos, pois eles estão constantemente em interação com o ambiente de sala de aula (Johnmarshall, 2006; Johnmarshall & Hyungshim, 2006).

Uma vez que o professor orienta a actividade da sala de aula pelos interesses e preferências dos alunos, deve criar um comportamento que promova a autonomia, isto é, dar tempo que os alunos trabalhem o problema à sua maneira (Johnmarshall & Hyungshim, 2006).

Estudos feitos por Johnmarshall (2006) mostram que os professores que incitam a autonomia, na sala de aula, facilitam a relação adequada ao identificar e estimular as necessidades, interesses e preferências dos alunos, e ao criar oportunidades de sala de aula. Outro estudo descrito pelo mesmo autor sobre a comparação do estilo de professores no que diz respeito ao estímulo da autonomia, mostra que os alunos, cuja autonomia é mais estimulada, demonstram maior motivação, maior criatividade, maior sucesso na consecução dos desafios, maior compreensão conceptual, processamento de informação mais activo e profundo, maior envolvimento, melhor desempenho académico.

É necessário dar iniciativas aos alunos, papéis mais activos, e consequentemente a aquisição de autonomia, para poderem ocorrer aprendizagens mais significativas.

Segundo Freire (1997), o educador que elimina a curiosidade do aluno em vez da memorização mecânica do ensino dos conteúdos, condena a liberdade do educando. A autonomia, a dignidade e a identidade do educando tem de ser respeitada, caso contrário, o ensino tornar-se-á ineficaz.

Em síntese, a mediação do professor em sala de aula é segundo Lopes et al., (2008a) todas as acções que este tem no sentido de facilitar a aprendizagem do aluno. Ajudar na aprendizagem do aluno não consiste em trabalhar na vez dele, antes pelo contrário é fazer com que este se empenhe na sua aprendizagem (Felder, 2004; Mazur, 1997; Redish & Steinberg, 1999). Mediante o objectivo de os alunos conseguirem desenvolver aprendizagens de qualidade, as mediações do professor podem ser melhor ou pior sucedidas. Isto poderá estar dependente da tomada de acções do professor, que facilitem e promovam uma evolução

real dos alunos, isto é, dependo se o esforço do professor está bem estruturado e alicerçado didaticamente.

Na mediação do professor tem de estar patente o esforço permanente do professor de saber o que os seus alunos realmente sabem; e verificação das carências de aprendizagem que os seus alunos evidenciam durante o seu processo de aprendizagem. (Lopes et al., 2008a).

2.3.4 A mediação do professor para o envolvimento dos alunos

A mediação do professor, em sala de aula, deve ter certas características de modo a levar os alunos a envolverem-se produtivamente (Cunha et al., 2012a; Cunha, Saraiva, Santos, Dinis & Lopes, 2014) na realização das tarefas. As principais características da mediação para promover o envolvimento dos alunos de modo produtivo são dar autoridade aos alunos, e manter a tarefa como desafio, partindo do princípio que a tarefa foi concebida e colocada como desafio.

Um professor pode ter várias maneiras de manter a tarefa como desafio, como sejam: manipular os recursos para os alunos os poderem usar eficazmente; induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática solicitando-lhes clarificações e várias formas de dar autoridade aos alunos: permitir que os alunos realizem as tarefas com autonomia e responsabilidade, e dar incentivos para se envolverem produtivamente (Lopes et al., 2012a). Os alunos têm um controlo das suas acções, se os alunos souberem o que procuram e que ações necessitam executar para alcançar a resposta a uma questão ou um problema (Lopes et al., 2008a). Se o trabalho dos alunos for encarado de modo mais aberto, onde os alunos têm maior liberdade nas suas ações, os alunos envolver-se-ão mais produtivamente. Se a mediação do professor tiver traços de mediação como sejam a monitorização sistemática do envolvimento dos alunos e a permissão para os alunos tomarem a iniciativa concomitantemente, os alunos envolvem-se produtivamente na tarefa. Além disso, deve-se evitar o contrário como seja, retirar autoridade aos alunos e não manter tarefa como desafio, pois diminui de forma notória, podendo até eliminar, o envolvimento produtivo (Lopes et al., 2012a). Por outro lado, se o professor dá muita informação para os alunos sobre a tarefa, dá respostas imediatas às perguntas dos alunos, pode levar a situações de não-envolvimento ou reduzido envolvimento produtivo (Cunha et al., 2012a; 2014; Lopes et al., 2012a).

O facto de que os computadores estão presentes em sala de aula não significa necessariamente que os alunos os usem efetivamente para trabalhar de forma produtiva e

aprender com eles (Eskrootchi & Oskrochi, 2010). No entanto, tarefas como as SC por exemplo podem ajudar os alunos a participar de forma produtiva em aulas de ciências físicas e são referenciadas como ferramentas apropriadas para promover o envolvimento dos alunos (Martins, Fiolhais & Paiva, 2003).

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

Um professor com mais experiência é mais consistente na sua mediação ou seja, concede e mantém a autoridade dada ao aluno, não dá informação constante sobre a realização da tarefa e corrige e monitoriza o envolvimento do aluno. Coloca a tarefa como um desafio para os alunos e mantem-a sempre como um desafio, fornece recursos para a realização da tarefa, envolve os alunos na tarefa, incentiva o envolvimento dos alunos, estimula a problematização e acompanha sistematicamente o envolvimento dos alunos, sem remover a autoridade. É importante a mediação do professor e as suas ações associadas a um maior envolvimento produtivo dos alunos, onde os produtos das tarefas são de todos os tipos (oral, escrita e ações) e todos estão relacionados com o uso eficaz da tarefa. (Cunha et al., 2012a; 2012b; Lopes et al., 2008a; 2010a; 2012a; Lopes, Cravino; Silva & Viegas, 2012b).

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

Quando o trabalho experimental é entendido de modo mais aberto (Almeida, 1995; Donnelly, 1998; Silva, 2001), os alunos são incentivados a reflectir, adquirir o conhecimento científico por si próprios, avaliando a sua atuação; pois neste caso têm mais liberdade nas suas acções. Por outro lado, se a execução da tarefa for fechada, um processo de natureza estática e com uma sequência determinada, com etapas bem definidas, permitindo que a recolha e análise de resultados experimentais, apenas vá de encontro à elaboração de conclusões, (Almeida, 1995; Silva, 2001), o professor não permite a autonomia aos alunos, fazendo um papel orientador e coordenador (Cunha et al., 2012b).

Se houver envolvimento disciplinar produtivo (Engle & Conant 2002) é possível acompanhar o desenvolvimento do aluno na sua aprendizagem passo a passo de ideias novas e

da compreensão, fazendo os ajustes necessários, onde a aprendizagem constitui um processo cognitivo e social simultaneamente. O envolvimento é produtivo porque fomenta o progresso intelectual e depende da disciplina, da tarefa e dos tópicos. A discussão dos alunos permite-lhes a colocação de novas questões, orienta-os ajudando-os a reconhecer confusões, ligar novas ideias, projectar as suas tarefas com vista a um dado objectivo. Os seus argumentos tornam-se cada vez mais sofisticados (Engle & Conant, 2002).

O envolvimento produtivo dos alunos é francamente reduzido ou até eliminado, se for retirada a autoridade aos alunos e o professor não mantiver a tarefa como desafio durante a sua mediação (Cunha et al., 2012a; 2014; Lopes et al., 2012a).

2.3.5 A mediação do professor e as práticas epistémicas

O conhecimento científico produz enunciados, conclusões, hipóteses ou teorias que não constituem meras opiniões, mas devem estar sustentados empírica e/ou teoricamente. Os discursos que atribuem qualidade à maneira como se produz a natureza dos conhecimentos têm ligação com a epistemologia em relação ao que conta como conhecimento na comunidade científica (Kelly & Duschl, 2002; Reiser, 2004; Kelly, 2005; Sandoval, 2005). Assim, pode-se afirmar que a aprendizagem científica constitui uma actividade epistémica, porque considera como importantes os critérios para que o conhecimento seja aceite dentro de uma dada disciplina (Jiménez- Aleixandre, 2006; Kelly, 2005).

Pode-se considerar que a aprendizagem de ciências como actividade epistémica onde os critérios sobre o processo de apropriação das práticas sociais da ciência em ambiente escolar devem ser favoráveis a uma participação dos alunos, (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994), onde os aspectos epistémicos sejam desenvolvidos e valorizados e, com isso se compreendam as práticas discursivas semelhantes às da comunidade científica (Araújo, 2008).

Por forma a que se compreenda melhor a aprendizagem das ciências, têm surgido trabalhos dedicados ao estudo das práticas epistêmicas dos alunos (Jiménez-Aleixandre, Mortimer, Silva & Díaz, 2008; Kelly, 2005; Kelly & Duschl, 2002; Sandoval, 2005; Sandoval & Morrison, 2003;). Segundo Kelly e Duschl (2002) estas práticas consideram-se envolvidas na produção comunicação e avaliação do conhecimento científico, podendo ser estudadas em situações de investigação em aulas de Ciências. As práticas epistémicas, no contexto do Ensino das Ciências, são atividades cognitivas, discursivas e sociais nas quais os alunos se

envolvem para desenvolver a sua compreensão de conhecimento científico e para produzir, comunicar e avaliar conhecimento (Kelly, 2005; Sandoval, 2001).

Usar ambiente adequado ao surgimento de práticas epistémicas favorece a aprendizagem de conteúdos e estimula o raciocínio crítico quando existe produção de conhecimento, (Kuhn, 1993). Permite e introduz uma forma diferente de olhar o mundo (Driver et al., 1999); a forma de ver da ciência.

O estudo das práticas epistémicas dos alunos permite analisar o percurso epistémico dos alunos e compreender melhor como é que os alunos apropriam e constroem conhecimentos científicos (Araújo, 2008).

As operações epistémicas dos alunos abrangem as mesmas ações que se utilizam na produção, comunicação e avaliação dos conhecimentos (Kelly, 2005), entretanto, com a finalidade de descrever o discurso que está relacionado com o conteúdo científico da sala de aula tem se estudado e utilizado categorias nas operações epistémicas. As categorias propostas para essa análise segundo Silva, (2008). São: descrição, explicação, generalização, analogia, comparação, classificação, exemplificação e cálculo.Estas categorias foram obtidas através da análise de dados de vídeos de sala de aula de ciências (Silva, 2008), e são consideradas por este autor uma continuidade da proposta inicial de Mortimer e Scott (2003).

O estudo das práticas epistémicas tem sido feito através de uma ferramenta de análise proposta por Jiménez- Aleixandre et al., (2008), que foi posteriormente aperfeiçoada por Araújo, (2008), Lopes et al., (2011) e Tavares, (2009).

SegundoVygotsky (1934) a linguagem é caracteristica do pensamento verbal e não é usada só para comunicar, por isso na situação em que se está a produzir conhecimento, também se está a comunicar; quando se avalia um conhecimento está-se a comunicar. As atividades investigativas surgem como um esquema para que os alunos obtenham conhecimento. Todavia para atingir um dado conhecimento através das actividades investigativas, os alunos têm necessidade de desenvolver práticas epistémicas incluídas na construção e justificação de saberes. Considerando aspectos fundamentais que estão na base das investigações científicas reais, os alunos devem ser activos na construção de conceitos aquando das actividades investigativas. As atividades investigativas procuram analisar a construção de ideias dos alunos, usando categorias denominadas práticas epistémicas (Araújo, 2008; Sandoval, 2008).

Verifica-se que a apropriação de concepções acerca do conhecimento científico e intenções da ciência é feita através do envolvimento dos alunos em certas práticas epistémicas

com sejam por exemplo, relacionar teorias com as evidências empíricas, avaliar hipóteses alternativas e explicações (Sandoval & Morrison, 2003). Segundo Jimènez & Reigosa, (2006) o conhecimento científico é formado por enunciados, conclusões, hipóteses ou teorias e, envolve a confirmação dos saberes a partir de uma argumentação subtil entre teoria e dados experimentais. Os cientistas utilizam compromissos que se assumem quando se descrevem os processos pelos quais se produz o conhecimento, gerados na comunidade científica, para produzir e validar os conhecimentos.

Um ensino com promoção de práticas epistémicas, contrariamente às práticas transmissivas, permite desenvolver um grande conjunto de competências. As práticas epistémicas emergem quando os estudantes tomam uma situação problema e, na tentativa de a solucionar, reúnem informação, aplicam conhecimentos anteriores, argumentam, formulam e testam hipóteses, estabelecem relações, identificam condições empíricas, avaliam criticamente, fazem previsões, criam ou alteram representações simbólicas e validam os conhecimentos construídos junto dos seus pares ou junto do professors (Lopes et al., 2008a).

Tendo em conta as dimensões argumentativa e interpretativa da ciência é importante que as investigações escolares abranjam aspectos fundamentais que estão na base das investigações científicas reais. Nesse sentido, ao dar ao aluno a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas de uma situação problematizadora, poderá ser capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, favorecendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio lógico.

Assim, os alunos desenvolvem as práticas epistémicas, que correspondem aos passos dados no processo de produção e justificação dos conhecimentos científicos escolares.

Quando os alunos estão neste processo e criam outras formas de explicar podem incluir interacções de diálogo entre professor e aluno ou entre pequenos grupos de alunos onde o professor apoia os alunos (scaffolding) na sua aprendizagem, dando novos significados para si mesmos, (Driver et al., 1999). Neste sentido, a actuação do professor é fundamental para importar novas ideias e ferramentas quando necessário e dando apoio e orientação sustentando as próximas acções dos alunos no incremento do raciocínio científico (Driver et al., 1999).

O trabalho de Lidar, Lundquivist e Östman (2005) apresentam categorias de análise do discurso e das acções dos professores, relacionando-os com a epistemologia prática dos alunos, permitindo ver e compreender as ações do professor ao orientar as atividades investigativas em salas de aula de Ciências.

O professor aplicando recursos de maneira a que os alunos os usem eficazmente, pode-os levar a actuar de forma mais consciente e sistemática, solicitando-lhes esclarecimentos, mantém a tarefa como desafio. Para que estas condições se concretizem, a tarefa deve consentir aos alunos um domínio aceitável sobre a sua actuação, em particular sabendo o que precisam de fazer (Cunha et al., 2012b; Lopes et al., 2008a).

Para Shulman, (1986) as características das práticas de ensino do professor dependem fundamentalmente da maneira como integram vários tipos de conhecimento sobre a sua prática profissional. Por exemplo a experiência de participar como investigador em projetos de educação científica, abre caminho a conhecimento profissional que permita estar atento a alguns resultados importantes de investigação sobre as ações de mediação do professor e integrá-los na sua prática profissional.

Mesmo quando as tarefas são adequadas, os professores muitas vezes têm de recorrer a pedidos adicionais (Saraiva, Lopes, Cravino & Santos, 2012), ou envolver toda a classe para criar um ambiente propício a uma aprendizagem eficaz. Se o número de tarefas for elevado, não é de todo útil para o aparecimento de práticas epistémicas (PE) dos alunos, principalmente quando estas não são adequadas para esse fim (Lopes et al., 2008a).

A capacidade que o professor tem de integrar os resultados da investigação no ensino das ciências ajuda a aumentar o seu conhecimento profissional (Novak & Cañas, 2009) fazendo que esteja mais atento aos fatores que influenciam o envolvimento produtivo dos alunos. No entanto, a mediação do professor é característica de cada um e depende do seu conhecimento profissional tácito adquirido ao longo da sua experiência profissional (Novak & Cañas, 2009). Os professores têm uma melhor mediação se forem mais experientes (nomeadamente em termos de investigação) e consequentemente tem influência no trabalho epistémico, que está de acordo com McNeill e Krajcik (2009).

O professor deve dar orientações para a execução da tarefa, focando os alunos para a aprendizagem e para os objectivos desta, em vez de orientar para os resultados (Pardo & Alonso-Tapia, 1990). No entanto, os professores têm que estar atentos às necessidades dos alunos, por exemplo no que diz respeito ao desenho das actividades a serem realizadas, ajudando-os a não se perderem dos objectivos das tarefas e a ter um domínio e autonomia sobre o trabalho que está a desenvolver. Segundo Viegas, (2010) quanto maior for a variedade de tarefas, maior é a motivação dos alunos e a proximidade dos objectivos de aprendizagem com a realidade é maior. O professor poderá estimular a curiosidade dos alunos, incentivando-os a desenvolver projetos para a sua aprendizagem, se regular o ambiente de

aprendizagem aos diferentes tipos de alunos, fornecer tarefas ligadas com as situações reais, explicar o interesse da aprendizagem, estabelecer a relação entre aprendizagem e a avaliação e dedicar tempo a ajudar os alunos nas das tarefas propostas, (Viegas, 2010).

Se os alunos conhecerem as acções que precisam de executar para obter a resposta a uma questão ou problema, então têm controlo sobre as suas atuações (Cunha et al., 2012b; Lopes et al., 2008a; 2012a).

Os factores anteriormente mencionados, tais como, ambiente de sala de aula, envolvimento produtivo, apresentação e desenvolvimento da tarefa podem ser enquadrados numa perspetiva mais alargada, a da mediação do professor, e definida por Lopes et al., (2008a) como sendo todos os atos e linguagens do professor e alunos em sala de aula no sentido de promover a aprendizagem dos alunos. Por isso, um esforço do professor, estruturado e com fundamento didático, para envolver os alunos no trabalho experimental insere-se no contexto mais geral da mediação do professor para promover as práticas epistémicas dos alunos o que conduz à aprendizagem eficaz dos alunos (Lopes et al., 2012a).

2.4 A contribuição do trabalho experimental para o ensino de Ciências Físicas

O TE é aceite como metodologia de ensino nas comunidades científica e profissional (Saraiva-Neves, Caballero & Moreira, 2006) e reconhecido pela sua importância na aprendizagem dos alunos (Cachapuz, 2000; Gil-Pérez et al., 1999; Saraiva-Neves et al., 2006). Este pode ajudar a melhorar a aprendizagem no ensino das Ciências, não só pelas interpretações que este trabalho exige, mas também pela controvérsia e discussões que se podem gerar entre os alunos (Cachapuz, 2000).

Há autores como por exemplo (Hodson, 1990), que consideram que a utilização do trabalho experimental em sala de aula nem sempre conduz a uma melhor aprendizagem, pelo que defende a necessidade da sua reconceptualização à luz de uma perspetiva construtivista social da natureza da ciência e da aprendizagem (Hodson, 1996). Também segundo (Lopes, 2004), o TE é uma série de instruções que os alunos acabam por realizar de modo quase mecânico (tipo *receita)* não estabelecendo de maneira consciente a ligação dos saberes em desenvolvimento.

Por isso segundo (Cachapuz et al., 2001; Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005; Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2001; Watson, 2004) deve ser entendido uma

forma mais livre e empolgante com base na resolução de problemas relacionados à vida quotidiana. Se o trabalho experimental for trabalhado de modo mais aberto (Almeida, 1995; Donnelly, 1998; Silva, 2001), onde os alunos têm maior liberdade nas suas ações, os alunos são incentivados a refletir e a construir por si próprios o seu conhecimento científico e a avaliar as suas ações.

O desenho e a implementação do trabalho experimental têm um papel fulcral no envolvimento produtivo dos alunos. Por isso, um esforço do professor, estruturado e com fundamento didático, para envolver os alunos no trabalho experimental insere-se no contexto mais geral da mediação do professor para promover a aprendizagem eficaz dos alunos.

Para Hodson (1988, 1990, 2001) as evidências advindas de pesquisas realizadas sobre trabalhos práticos em escolas e universidades do Canadá reforçam a concepção de que o trabalho experimental, tal como é organizado nas escolas, configura-se, sob muitos aspectos, como não produtivo. A maneira pela qual o trabalho de laboratório é conduzido pode trazer ganhos em termos da aprendizagem de conceitos científicos, da compreensão da ciência e das aquisições de atitudes científicas, mas, o seu valor pedagógico é questionável. O trabalho prático nem sempre é motivador para o aluno, nem o seu interesse pelas ciências aumenta com o aumento da quantidade de trabalhos práticos. A forma como o trabalho prático é proposto nas escolas geralmente, tem como objectivo pré-determinado a manipulação de equipamentos e a recolha de dados, o que nem sempre incita os alunos. Além disso, Hodson destaca que os alunos frequentemente realizam experimentos em sala de aula com uma ideia muito vaga sobre o que estão a fazer, não compreendendo o propósito do experimento ou as razões para a escolha dos procedimentos e do próprio experimento, e com uma pequena compreensão dos conceitos a ele relacionados. Durante os processos de ensino e de aprendizagem, as crenças do professor fazem parte de uma esfera epistémica, que afectam a maneira como utiliza os experimentos no laboratório escolar, e até se os utiliza (Lopes, 2009a; Viegas, 2010).

2.4.1 O trabalho experimental no Ensino da Física e da Química

É hoje largamente reconhecido, por investigadores e educadores, que o trabalho experimental, enquanto actividade que implica o uso de material de laboratório para reproduzir um fenómeno ou para analisar uma parte do mundo a estudar, cuja execução pode ocorrer num laboratório ou em qualquer sala de aula (Leite, 2001), deve ser uma componente

fundamental no ensino/aprendizagem das ciências, nomeadamente na escolaridade básica e secundária. As razões apontadas para envolver os alunos na realização de trabalho experimental tendem a enfatizar as potencialidades deste em permitir atingir objectivos relacionados com a aprendizagem de conhecimento conceptual e procedimental e a aprendizagem de metodologia científica. Assim, como a promoção de pensamento crítico e criativo e o desenvolvimento de atitudes como, por exemplo, a abertura de espírito, a objectividade e a prontidão para suspender juízos sempre que a evidência e as razões não sejam suficientes para o sustentar (Hodson, 2000; Wellington, 2000). Apesar da evidência em relação às potencialidades do trabalho laboratorial em permitir atingir esses objectivos não ser conclusiva, existe concordância na ideia de que diferentes tipos de actividades de laboratório servem propósitos diferentes (Leite, 2001). Então, de forma a rentabilizar as potencialidades do trabalho laboratorial, deve-se ter uma ideia clara sobre os diferentes tipos de actividades de laboratório e os propósitos particulares que o servem. A este nível, têm sido propostas diversas classificações para o trabalho laboratorial e para o trabalho experimental.

Assim, por exemplo, Woolnough e Allsop (1985) consideram três tipos de actividades que possuem potencialidades distintas. Concretamente: (1) experiências — pequenas actividades laboratoriais de execução rápida e de carácter exploratório permitindo aos alunos analisar e discutir o fenómeno ou acontecimento observado; (2) exercícios — servem para desenvolver procedimentos e técnicas experimentais, são actividades que desenvolvem competências práticas, como por exemplo, observação, medição, manipulação, etc; (3) investigações — existem em todas as investigações uma caraterística comum, que consiste na confrontação com uma situação problemática. Surgem assim, as investigações com a finalidade de desenvolver nos alunos a capacidade de abordar e resolver problemas. A resolução de um problema deve ser feita seguindo um processo não linear com várias etapas iniciais. Este tipo de actividades são as que apresentam maior grau de abertura e o seu objectivo principal é a procura da melhor solução para o problema.

Lopes (2004) apresenta uma classificação do trabalho experimental em função das concepções epistemológicas e pedagógico-didácticas que orientam a implementação das actividades práticas.

Os seus objectivos são, por um lado, a aquisição de experiências a nível sensorial sobre fenómenos do mundo físico, químico, biológico ou geológico, necessárias para a sua compreensão teórica e, por outro, a aquisição de um potencial de conhecimento implícito (não articulado conscientemente com o quadro de teorias formais) que pode ser utilizado na

resolução de problemas (Lopes, 2004, 2009b). As experiências ilustrativas são actividades orientadas para a interpretação de um fenómeno, para ilustrar um princípio ou para mostrar a relação entre variáveis. Por sua vez, os exercícios são actividades utilizadas na aprendizagem de determinados procedimentos (Lopes, 2004). Uma investigação é uma actividade orientada para a resolução de um problema mediante o delinear e o executar de experiências. A implementação, em contexto de sala de aula, de uma atividade laboratorial do tipo investigação pode realizar-se através das seguintes fases: (1) formulação do problema, (2) planificação, (3) realização experimental, (4) tratamento dos dados, (5) avaliação do resultado e (6) comunicação da investigação (Caamaño, 2004; Lopes, 2004).

Caamaño (2004) apresenta uma classificação do trabalho experimental em quatro tipos de actividades: (1) experiências, (2) experiências ilustrativas, (3) exercícios de papel e lápis e (4) investigações. As experiências são utilizadas para obter uma familiarização perceptiva com os fenómenos.

A este respeito, Caamaño (2004) considera que o grau de abertura de uma investigação pode ser definido relativamente: (1) à forma como se formula o problema, (2) à diversidade de estratégias possíveis para a sua resolução; (3) ao nível de ajuda dada pelo professor no contexto da planificação e execução e (4) à diversidade de soluções que admite. Trabalho prático é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja ativamente envolvido.

Em 2002, Leite agrupa as actividades laboratoriais em seis classes, em função do tipo de conhecimento (conceptual ou procedimental) que permite desenvolver nos alunos e do modo como são planificadas (questões e orientações dadas aos alunos). Esta classificação tem algum paralelismo com a descrita por Lopes (2004), tendo a autora associado diferentes objectivos e competências a desenvolver nos alunos:

- Exercícios: actividades que visam o desenvolvimento de competências de observação, medição, e a aprendizagem de técnicas de laboratório;
- Actividade para aquisição de sensibilidade acerca do fenómeno: actividades baseadas nos sentidos que ajudam os alunos a conhecer o objecto de estudo;
- Actividades ilustrativas: confirmação de conhecimentos adquiridos previamente,

implicam a aplicação de um protocolo com vista à obtenção de um resultado previamente conhecido;

- Actividades orientadas para a determinação do que acontece: actividade estruturada que os alunos executam com o objectivo de adquirirem determinado conhecimento conceptual;

- Actividades de Prevê-Observa-Explica-Reflecte: actividades em que se começa por confrontar os alunos com uma questão a partir da qual devem explicitar as suas ideias e prever resultados que serão confirmados, ou não, através da resolução da actividade. O desenho da actividade poderá ser fornecido ou elaborado pelos alunos. A primeira situação centra-se em aspectos conceptuais, na segunda também se têm em conta aspectos metodológicos e procedimentais;
- Investigações: actividades inseridas num processo de resolução de problemas, os alunos são responsáveis por elaborar o protocolo, executá-lo, avaliá-lo e reformulá-lo, se necessário, adquirindo assim conhecimentos conceptuais e competências de resolução de problemas. Segundo a autora, todos os tipos de actividades têm potencialidades interessantes para os alunos, devem ser aplicadas em função do objectivo pretendido, e é importante que os alunos realizem actividades de todos os tipos. A autora reconhece que, por limitações de tempo, não se possam aplicar sistematicamente este tipo de actividades, mas refere que todos os alunos deveriam ter a possibilidade de realizar algumas investigações para concretizarem conhecimentos acerca dos conceitos e, sobretudo, para desenvolverem conhecimentos procedimentais que lhes permitam adquirir uma visão mais próxima da natureza e dos processos da ciência.

Em relação ao trabalho laboratorial, Lopes (2004) considera que é toda a atividade desenvolvida no contexto de laboratório ou com material de laboratório. Por outro lado, Santos (1999) define que as atividades de laboratório correspondem aos exercícios, às experiências, aos experimentos por descoberta guiada, às verificações experimentais e às investigações ou projetos.

Por sua vez, o Trabalho Experimental (TE) é definido por Santos (1999) como um processo em que os alunos adquirem conhecimentos pela prática, fazendo experiências, observando e analisando os factos, tirando as suas ilações. Contudo ressalva que nem todo o trabalho prático é trabalho de laboratório, nem todo o trabalho laboratorial é experimental. A mesma autora salienta ainda, sobre o trabalho experimental, "que não se refere a modalidades de trabalho prático como demonstrações ou simulações, mas a investigações em que os alunos podem desenvolver, recorrendo a recursos variados, experiências significativas, construindo, no seio de comunidades de aprendizagem, significados de conceitos próximos dos que são aceites pela comunidade científica" (p. 40). Contudo, Lopes (2004) refere que o conceito de TE tem sofrido várias transformações estando assim em permanente construção. Deste modo, o autor apresenta uma possível definição de TE, como sendo qualquer actividade sobre um

referente empírico, concretizada na execução de procedimentos empíricos, permitindo, questionar esse referente e o que se sabe sobre ele; identificar e controlar variáveis; utilizar, estudar, aperfeiçoar e construir modelos teóricos e/ou das situações físicas que sirvam de mediadores entre as teorias e a realidade.

Considerando o trabalho de Santos (1999) os termos atividades práticas ou trabalho prático apresenta o mesmo significado, uma vez que se trata de um processo em que os alunos, dentro ou fora da sala de aula, utilizam materiais e equipamentos para observar fenómenos. A mesma autora afirma que o trabalho prático exige a participação e o envolvimento dos alunos, com maior ou menor interação do professor, e também pode ser utilizado como estratégia de ensino e aprendizagem dependendo dos objectivos a atingir.

Os autores do programa da disciplina de Física e Química A (DES, 2001) atribuiram o mesmo significado ao trabalho prático, laboratorial e experimental que Leite (2001). Assim e de acordo com o programa (DES, 2001), o Trabalho Prático corresponde a "tarefas realizadas pelos alunos manipulando recursos e materiais diversificados, dentro ou fora da sala de aula (por exemplo, numa saída de campo)"; O Trabalho Laboratorial é o "trabalho prático realizado em laboratório, individualmente ou em grupo" e o Trabalho Experimental (TE) corresponde ao "trabalho prático que envolva manipulação de variáveis, seja na forma de experiência guiada seja em formato investigativo. O trabalho experimental pode ser ou não do tipo laboratorial; o trabalho laboratorial pode ser ou não do tipo experimental". Os autores do programa sublinham a importância da realização de actividades de todos estes tipos para desenvolver nos alunos competências sobre processos e métodos da ciência nesses domínios.

Como referem Woolnough & Allsop (1985), as actividades laboratoriais mostram o que acontece mas não mostram porque acontece. Para explicar o que acontece e, assim, construir conhecimento científico, são igualmente relevantes a actividade laboratorial e a reflexão (Valadares, 1997), devido à relação de interdependência interactiva que existe entre a teoria e as evidências (Leach, 1999) e que resulta do facto de as actividades laboratoriais contribuírem para a construção da teoria e esta, por sua vez, determinar não só o tipo de actividades que pode e deve ser realizado mas também o modo como os dados devem ser interpretados (Hodson, 1998).

Por outro lado, Hodson (1994), refere que as principais razões apontadas pelos professores para a utilização do TE no ensino de ciências são: motivar os alunos, incitar o interesse e o gosto por aprender; ensinar competências laboratoriais; melhorar a aprendizagem do conhecimento científico; desenvolver competências.

Também Hofstein e Lunetta (2004) sugerem uma lista de objetivos, tendo em consideração os principais objetivos do trabalho prático. Tais objetivos contemplam, a compreensão de conceitos científicos; o interesse e motivação; a capacidade de resolver problemas; hábitos científicos da mente; a compreensão da natureza da ciência.

Relativamente à sua utilização, o TE tem sido objecto de algumas questões. Para a maioria, é considerado uma mais-valia no ensino das Ciências, visto que o seu objetivo é aumentar a compreensão do mundo natural, compete ao TE apoiar esta compreensão com dados observáveis. Considerando o objectivo do ensino das ciências o conhecimento o mundo natural por parte dos alunos e ajudá-los a desenvolver uma compreensão das ideias e modelos que os cientistas usam para explicar o seu comportamento, o ensino de ciências envolve naturalmente a verificação de fenómenos, ou deve colocá-los em situações onde possam ver esses fenómenos por si só (Millar, 2010).

Se considerarmos os recursos didácticos que os professores têm disponíveis, podemos entre eles encontrar o trabalho prático que, segundo Hodson (1988), inclui todas as actividades em que o aluno esteja activamente envolvido. Assim, o trabalho prático engloba, entre outros, o trabalho laboratorial e o trabalho de campo (Leite, 2001). O trabalho laboratorial inclui actividades que requerem a utilização de materiais de laboratório, mais ou menos convencionais, e que podem ser realizadas num laboratório ou mesmo numa sala de aula normal, desde que não sejam necessárias condições especiais, nomeadamente de segurança, para a realização das actividades. O trabalho de campo é realizado ao ar livre, onde, geralmente, os acontecimentos ocorrem naturalmente. Note-se que há trabalho prático que não é laboratorial nem de campo (fig. 1). Dele são exemplo actividades de resolução de problemas de papel e lápis, de pesquisa de informação na biblioteca ou na internet, de utilização de simulações informáticas, etc. Algum trabalho prático envolve controlo e manipulação de variáveis e designa-se, por isso, trabalho experimental. Algumas actividades laboratoriais e de campo apresentam estes requisitos, podendo, assim, falar-se, por exemplo, de actividades laboratoriais de tipo experimental.

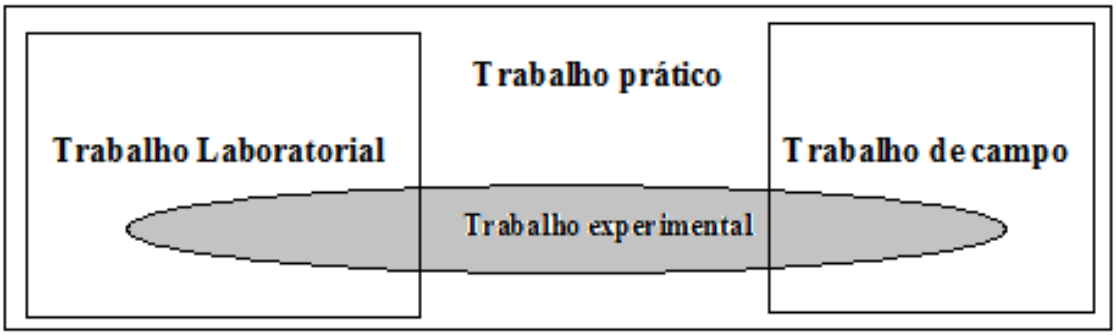


Figura 1. Relação entre trabalho prático, laboratorial, experimental e de campo (Leite, 2001).

Os conhecimentos sobre técnicas e skills laboratoriais podem ser adquiridos à custa de actividades de tipo exercício (Woolnough & Allsop, 1985) que permitam o domínio de técnicas laboratoriais, o treino de utilização de aparelhos ou de capacidades de observação, ou o desenvolvimento de competências de manipulação.

Apesar de os resultados da investigação não serem conclusivos (Hodson, 1994; Woolnough, 1998), é frequentemente defendido que as actividades laboratoriais podem contribuir positivamente para a aprendizagem de conhecimentos conceptuais (Leach, 1999; Woolnough, 1998). Estes podem ser desenvolvidos à custa de actividades que permitam o reforço de conceitos previamente apresentados, que promovam a construção de conhecimentos conceptuais, do ponto de vista do aluno, ou que facilitem a reconstrução das concepções alternativas dos alunos (Silva & Leite, 1997). Cada um destes objectivos tem mais probabilidade de ser alcançado se for utilizado o tipo de atividade mais adequado e se não se confundir tipo de actividade com execução do procedimento laboratorial (Leite, 2001).

Almeida (2001) e Gil-Pérez (1993), integram o trabalho experimental tipo demonstrativo no modelo de ensino-aprendizagem por transmissão, em que se privilegia a aprendizagem dos conteúdos em detrimento do desenvolvimento de competências processuais e atitudinais nos alunos. O processo de ensino/aprendizagem está centrado no professor, o aluno é um receptor, praticamente passivo, da informação. As experiências são realizadas pelo professor, ou mesmo sendo pelos alunos é o professor que dirige a sua execução (oralmente ou através de protocolos tipo "receita") com o objectivo de chegar a resultados pré-estabelecidos. Os alunos não estão envolvidos na planificação da actividade nem na definição da análise dos dados e as conclusões que tiram já eram conhecidas à partida. Os autores referem que estas actividades são muito fechadas e estruturadas, integram-se num modelo de ensino com base epistemológica indutivista.

O modelo de trabalho experimental tipo indutor conceptual apoia-se na pedagogia OHERICO observação, Hipótese, Experimentação, Resultados, Interpretação dos resultados e Conclusões – que pressupõe que o aluno é capaz de formalizar conceitos e teorias a partir da observação/interpretação de factos. Neste modelo de "ensino pela descoberta" a actividade experimental surge na sequência de uma situação normalmente apresentada pelo professor antes de estudar os conteúdos afins e é a chave para a aquisição dos conhecimentos. Pretende-se que o aluno trabalhe de acordo com o método científico, aprendendo processos de ciência, e seja ele próprio a tirar conclusões. Gil-Pérez (1993) refere que esta metodologia descura a aprendizagem dos conteúdos, centra-se demasiado no método científico e no trabalho autónomo dos alunos tentando que estes percebam a forma de fazer ciência mas essa metodologia revela-se distante da visão actual do que é um trabalho científico.

Apesar de implicar maior envolvimento do aluno que as actividades do tipo indutor Conceptual, Almeida (2001) considera que as actividades de descoberta ainda são muito estruturadas, "tipo receita", condicionadas pelo professor que as planifica para que os alunos obtenham o resultado pretendido, sempre. Não há espaço para que os alunos discutam ideias, avaliem o seu procedimento, reflictam sobre os resultados obtidos.

As actividades integradas no "modelo de trabalho experimental tipo refutador" resultam de uma visão construtivista da aprendizagem que atribui ao aluno o papel de construtor do seu próprio conhecimento. Nesta perspectiva, os alunos expressam as suas ideias relativamente a situações com que são confrontados, realizam actividades experimentais que lhes provocam conflitos cognitivos a partir dos quais devem construir modelos mentais para interpretar as situações. Gil-Pérez, em 1993, resumiu as opiniões de vários autores sobre este tipo de actividades em quatro fases: (1) identificação das ideias prévias dos alunos; (2) criação de conflitos cognitivos através da apresentação de "contraexemplos"; (3) apresentação de novos conceitos através da discussão entre alunos e professor; (4) utilização dos novos conceitos em diferentes contextos.

Ainda segundo Lopes (2004), o "modelo de trabalho experimental tipo investigativo" está integrado numa perspectiva de resolução de problemas, constituindo uma das etapas a realizar para encontrar respostas às questões inicialmente levantadas, preferencialmente pelos alunos. O trabalho experimental de natureza investigativa pressupõe que os alunos discutam ideias acerca de situações das quais devem surgir problemas que os próprios considerem pertinente resolver, formulem hipóteses, realizem experiências, interpretem e avaliem resultados. O professor deve planear a implementação do trabalho experimental para

complementar e aprofundar aspectos teóricos assumindo o papel de coordenador do trabalho dos alunos.

Gil-Pérez, (1993), apresenta esta estratégia de ensino centrada nos alunos como a que lhes provoca, para além de uma mudança conceptual, uma mudança metodológica e atitudinal, e apresenta as etapas que a operacionalizam. As etapas consideradas consistem em: planificar situações problemáticas; estudar as situações problemáticas, tomar decisões com ajuda de pesquisas bibliográficas, definir questões a investigar; orientação da resolução do problema, levantamento de hipóteses, elaboração de estratégias de resolução (onde se integram actividades experimentais), resolução e análise dos resultados; avaliação e comunicação dos resultados e eventual reformulação do processo; sistematizar os conhecimentos adquiridos.

Também Lopes (2004) reforça a importância do trabalho experimental integrado na resolução de problemas, sustentando que para se realizar trabalho experimental os alunos precisam de ter conhecimentos conceptuais e processuais e que, ao realizá-lo, estão a desenvolver estas formas de conhecimento. Para este autor, o trabalho experimental segundo esta perspectiva deve cumprir as seguintes etapas: formulação de hipóteses; planificação da experiência tendo em vista a verificação das hipóteses; execução da experiência; interpretação dos resultados e formulação de conclusões tendo como referência as hipóteses formuladas; avaliação dos resultados.

Almeida (2001), e o professor deste estudo também integram as actividades de investigação experimental numa metodologia de resolução de problemas que deve constituir um projecto pessoal dos alunos, para que estes compreendam os objectivos da investigação. É a trabalhar um problema, propondo formas possíveis de o resolver, que os alunos adquirem competências conceptuais, processuais e atitudinais de relevo.

2.4.2 A Simulação Computacional no Ensino da Física e da Química

Existem várias definições para a simulação, dentre elas podemos citar a de Pegden (1990) que diz “a simulação é um processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender o seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”. Deste modo considera-se a simulação como um conjunto de manipulações que insere não só a construção do modelo, como também o método experimental que procura descrever o comportamento do sistema;

construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas; usar o modelo para prever o comportamento futuro; ou seja, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou os métodos usados na sua operação. As simulações computacionais são recursos pedagógicos que podem aumentar o gosto pelas aulas, promovendo a aprendizagem dos alunos (Martins, Fiolhais & Paiva, 2003). A sua utilização, em geral, apresenta vantagens para os processos de ensino e de aprendizagem e a sua exploração suscita nos alunos reações muito positivas (Morais & Paiva, 2008). Os alunos desenvolvem competências e procedimentos científicos e intelectuais.

No entanto, estas não devem ser usadas para substituir o trabalho experimental. Mas serem vistas como complemento ao trabalho experimental, onde este não possa ser praticado (Martins et al., 2003).

Segundo Leite (2001) e Lopes (2004) actividade experimental é qualquer actividade que permite identificar e controlar variáveis; utilizar, estudar, aperfeiçoar e construir modelos teóricos e/ou das situações físicas que sirvam de mediadores entre as teorias e a realidade.

No entanto, de acordo com Fonseca (2006), as simulações computacionais possibilitam ao aluno desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e redefinir conceitos. Podem possibilitar maior ou menor grau de interatividade ao aluno. A grande variedade e o fácil acesso a ferramentas relacionadas com computadores no ensino, nomeadamente a utilização de simulações computacionais, têm levantado várias questões sobre a sua utilização nos processos de ensino e de aprendizagem. A questão principal centra-se na forma como deverá ser explorada a simulação para contribuir para uma melhor aprendizagem (Rutten et al., 2012).

Para alguns autores como por exemplo, Santos (1999) e Lopes (2004) o trabalho experimental é um processo em que os alunos utilizam materiais e equipamentos para observar fenómenos dentro ou fora da sala de aula, para estes autores o trabalho experimental exige a participação e o envolvimento dos alunos, com maior ou menor interação do professor, e pode ser utilizado como estratégia de ensino e aprendizagem dependendo dos objectivos a atingir.

Pelo que foi dito anteriormente, o acesso a simulações é cada vez mais fácil, e são cada vez mais interativas e de fácil manuseamento. Para além disso, existe uma grande variedade de simulações nos diversos temas. No caso da disciplina de Física, Medeiros e Medeiros (2002) referem que os conteúdos abordados na disciplina apresentam um elevado nível de exigência e compreensão, uma vez que estuda conceitos complexos e abstractos. A

utilização dos métodos tradicionais ou a implementação de técnicas desajustadas faz com que os alunos tenham mais dificuldades na compreensão dos conteúdos abordados. Verificam-se falhas na aprendizagem nos conceitos complexos e difíceis de visualizar se só forem apresentados de uma forma verbal ou textual (Fiolhais & Trindade, 2003). Para tentar diminuir esta tendência, os manuais escolares têm apresentado inúmeras ilustrações que representam situações reais. Assim, as simulações computacionais (SC) têm tido uma importância crescente no ensino e na aprendizagem de Ciências Físicas (Richards, Barowy & Levin, 1992; Webb, 2005).

Sendo assim, e uma vez que o professor tem um papel primordial no que respeita ao envolvimento e aprendizagem dos alunos, este deve planear e facultar técnicas atraentes e diversificadas para promover uma aprendizagem significativa e eficaz.

De acordo com os estudos efetuados por Cardoso e Dickman (2012), verifica-se que o uso do computador como ferramenta pedagógica conduz ao sucesso escolar ao mesmo tempo que, melhora o desenvolvimento da estrutura cognitiva dos alunos.

Segundo Fiolhais e Trindade (2003) a necessidade de diminuir o insucesso escolar fez com que se procurassem métodos mais diversificados, o que levou ao uso cada vez mais frequente do computador no Ensino das Ciências. Para Cardoso e Dickman (2012) usar recursos computacionais simplesmente sem orientação para o uso de capacidades, não implica um ensino de qualidade, nem permite que o aluno possa construir os seus conhecimentos. No entanto, se como com qualquer ferramenta, se for usado de modo a direccionar para aplicação das capacidades e competências dos alunos, então a sua utilização pode conduzir a uma aprendizagem eficaz.

As simulações computacionais associadas à realidade da Física permitem estudar/analisar experiências difíceis ou impossíveis de implementar na prática do laboratório. Isto é, quando uma experiência não pode ser reproduzida em laboratório, por ser demasiado complexa ou perigosa, é possível reproduzir a experiência através de um computador e observar o seu desenvolvimento quase como se estivesse a acontecer na realidade. Nestas circunstâncias, permite que o aluno desenvolva hipóteses, as possa testar, analise os resultados e redefina conceitos. Deste modo, os alunos podem realizar uma atividade experimental e uma pequena investigação teórica, sendo as bases da atividade científica. Para uma maior eficiência na aplicação destas simulações é importante que o professor se baseie na resolução de problemas usando a situação física do conhecimento quotidiano do aluno.

Rutten et al., (2012) aludem que um ambiente de aprendizagem com uma simulação de computador, tem a vantagem de os alunos poderem explorar situações hipotéticas, interagir com uma versão simplificada de um processo ou sistema, alterar a escala de tempo de eventos e tarefas e resolver problemas. Os mesmos autores, referem ainda que o que leva muitos professores a usar simulações computacionais é a economia de tempo na realização da actividade, em relação à actividade experimental, na qual se gasta tempo a fazer montagens experimentais, supervisão do equipamento experimental, entre ou outros, não sobrando tanto tempo para dedicar ao aluno. Também com as simulações há maior facilidade a manipular as variáveis experimentais, o que permite formular e testar hipóteses, e o acesso a recursos que facultam uma melhor compreensão do processo, tais como diagramas e gráficos (Rutten et al., 2012). Uma das suas funções é permitir que os alunos explorem, testem ideias, manipulem variáveis em sistemas físicos, mais ou menos complexos, a uma velocidade maior do que se estivessem a manipular sistemas reais (van Joolingen & De Jong, 1991).

Para além disso, as actividades experimentais feitas através das simulações computacionais podem ser integradas facilmente em pequenos episódios sem provocar alteração das estratégias a adotar na aula (Webb, 2010).

Cohen, Manion e Morrison (2011) evidenciam que as simulações computacionais podem, melhorar a rapidez e a qualidade da aprendizagem e do desempenho; estimular e desenvolver a motivação e a curiosidade; melhorar a aprendizagem e a memorização através da visualização, experimentação, previsão, manipulação e raciocínio lógico.

No entanto, os mesmos autores alertam que embora pareçam ser bastante atrativas, o uso excessivo das simulações também podem, reduzir o diálogo e a interação; levar os alunos a memorizar; estar muito distante da vida quotidiana, simplificar assuntos complexos e realidades quotidianas. Estas serão as preocupações que os professores devem ter para garantir um uso adequado desta ferramenta. Isto leva a que tenha que se ter uma preparação cuidada e um acompanhamento ao utilizarem-se as simulações, de maneira a que elas estas não venham a substituir uma aprendizagem mais profunda, (Cohen et al., 2011).

Para que a utilização do computador possa ser considerada uma mais-valia no complemento ao ensino e à aprendizagem dos alunos, os professores têm de procurar formação e estar actualizados acerca do uso destas tecnologias, pois se isso não acontecer em vez de termos um ensino de modo mais aberto, apenas se prolonga o ensino tradicional, (Fiolhais & Trindade, 2003). As simulações são ferramentas que podem tornar melhor um currículo que esteja bem elaborado, bem como os esforços do professor, mas não podem

substituí-los. As suas simulações são projectadas e testadas especificamente para apoiar a aprendizagem dos alunos, (Fiolhais & Trindade, 2003). No entanto, estes autores pensam que os simuladores são mais eficazes quando integrados com atividades que estimulem os alunos a construir o seu próprio conhecimento.

Também para Smetana e Bell, (2012), nem sempre o recurso às simulações computacionais (SC), de *per se*, garante que os alunos se envolvam nas tarefas e que a aprendizagem destes seja efectiva. Usar as simulações computacionais como atividade com uma orientação passo-a-passo, não permite aos alunos a oportunidade de formular as suas hipóteses, testá-las e avaliá-las num ambiente mais contextualizado, enfraquecendo assim, o seu potencial, (Rutten et al., 2012).

De realçar que para que estas inovações educacionais, no caso simulações de computador, possam atingir os fins a que se destinam, os professores têm de adquirir competências e conhecimentos necessários para as implementar (Rutten et al., 2001). Sem estas competências por parte dos professores, o potencial das simulações, bem como a sua capacidade para a prática de investigação, podem nunca ser alcançadas.

3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

3.1 Design do estudo e caracterização sumária do estudo de caso

Neste capítulo, da descrição do estudo, apresentaremos e desenvolveremos três pontos, a saber: (a) o design da investigação e caracterização sumária do estudo do caso, (b) a caracterização das turmas do estudo de investigação, da Professora investigadora e (c) o seu percurso de desenvolvimento profissional a apresentação dos instrumentos de recolha de dados usados neste estudo, iv) e, por último como foi feita a análise da abordagem curricular sobre a qual incidiu o estudo.

Ao longo deste capítulo descreve-se o estudo do caso que consiste na intervenção implementada incrementalmente ao longo de dez anos sucessivos desde 2005/2006 a 20011/2012 com intervenção em sala de aula em 2005/2006, 2007/2008 e 2011/2012 em turmas, do 10º e do 11º anos de escolaridade, alternando-se conforme o ano que a Professora estivesse a leccionar aquando da recolha de dados. O estudo foi feito numa Escola de Vila Real onde a classe socioeconómica dos alunos é maioritariamente média/superior. As colegas que colaboraram nas reflexões com o Professor do estudo leccionavam noutras Escolas da região de Trás-os-Montes e aos mesmos anos de escolaridade.

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

Teve-se em conta uma revisão de literatura da investigação em Didáctica da Física (especialmente no ensino secundário e sempre que possível dedicada ao contexto de sala de aula) e a reflexão dos resultados obtidos das sucessivas intervenções em sala de aula.

A presente investigação consistiu num estudo de caso de tipo longitudinal e de investigação-acção que se desenvolveu ao longo de dez anos lectivos (Cohen et al., 2011), entre 2006 e 2012. A extensão do estudo pelos sete anos deveu-se à sua natureza, pois tratou-se de uma construção incremental (Chang 2005; Crouch & Mazur, 2001; Viegas, 2010), que decorreu ao longo do tempo, iterativa, numa procura de ideias, testagem e incorporação caso

se revelassem produtivas. Este é um percurso bem entendido à luz de um trabalho de investigação-acção com 2 ciclos de iteração (Kemmis, 1989; McNiff & Whitehead, 2006) que, como já anteriormente referimos, nos influenciou:

O nosso trabalho, como já anteriormente referimos, assumiu características do tipo investigação-acção quanto à definição e implementação de programa de formação. Em particular, porque se tratou de uma construção prolongada no tempo com a tomada de decisões, implementação e avaliação em momentos interpolados, com uma dinâmica muito sujeita, quer a características e concepções do investigador/formador quer à sua necessidade de se ajustar à nova abordagem formativa. Investigou-se sobre a prática do próprio professor com o intuito de a melhorar (Cohen et al., 2011). As características de investigação-acção do nosso percurso de trabalho, de forma abreviada, ficam bem enquadradas considerando as palavras de Kemmis e McTaggart (1998, p. 5) que a seguir se transcrevem:

"A investigação-acção constitui uma forma de questionamento reflexivo e colectivo de situações sociais, realizado pelos participantes, com vista a melhorar a racionalidade e a justiça das suas próprias práticas sociais ou educacionais bem como a compreensão dessas práticas e as situações nas quais aquelas práticas são desenvolvidas"

E ainda

"A ligação dos termos acção e investigação sublinha a característica essencial desta abordagem que envolve ensaiar ideias na prática como meio de as melhorar em condições naturais e de aumentar o conhecimento" (p.6).

Além disso cumpriu dois ciclos completos da investigação-acção (Kemmis, 1989; McNiff, & Whitehead, 2006):

- Recolher dados sobre as práticas de ensino e de aprendizagem;
- Analisar os dados e reflectir sobre os resultados;
- Ajustar novo plano de acção (reformulação das tarefas e traços de mediação);
- Nova implementação reiniciando-se o ciclo mais uma vez.

A figura 2 ilustra os dois ciclos de investigação-acção. Ilustra também as diversas fases em que se desenvolveu o estudo ao longo do tempo.

Como se pode verificar, houve um tempo inicial de preparação e tomada de decisões acerca do trabalho a efectuar. Também se pode verificar que houve dois momentos de reflexão entre cada intervenção para análise do que se fez e efectuar possíveis alterações sugeridas/discutidas pelo professor do estudo e pelas colegas *critical friends.* (Crouch & Mazur, 2001; Felder & Brent, 2007).

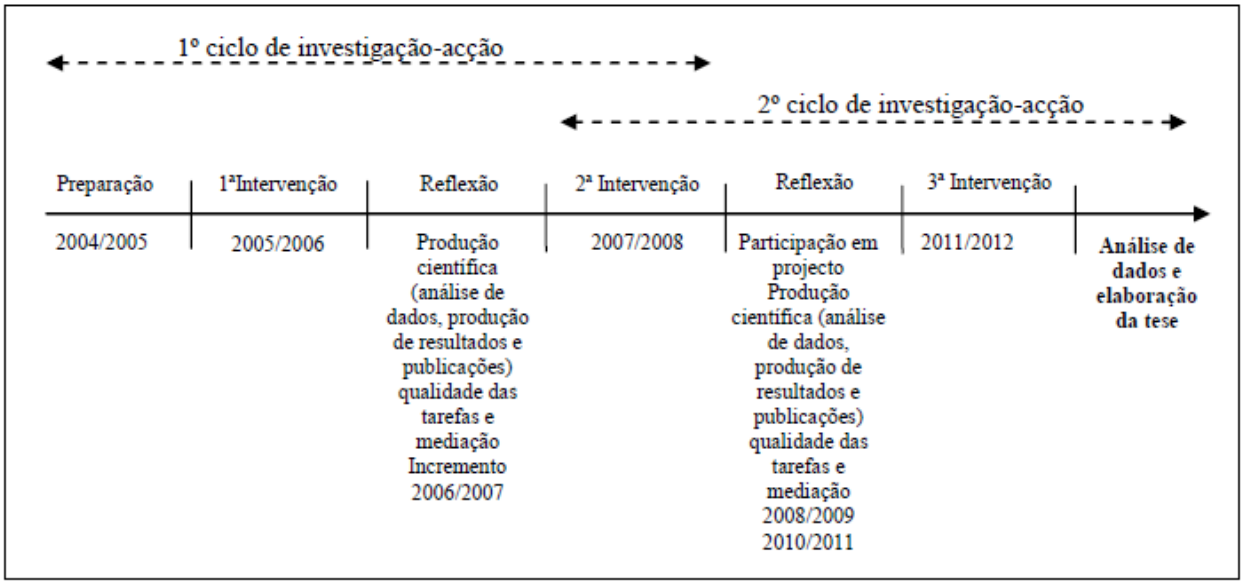


Figura 2. Esquema representativo da evolução do trabalho no decorrer do tempo.

O que despoletou este trabalho foi o fraco aproveitamento que se tem vindo a sentir na disciplina de Física e Química A nas Escolas públicas de Portugal. O objectivo em vista prendia-se não só com uma melhoria dos resultados escolares dos alunos, mas também com a melhoria da sua satisfação e interesse relativamente à disciplina de Física e Química A.

Foi necessário reflectir sobre métodos ou estratégias que visassem aumentar a interacção professor-aluno, aluno-aluno (Pedrosa de Jesus et al., 2003) e aumentar o gosto pela aprendizagem das ciências, em geral, e da Física, em particular. Este problema prático foi assumido como problema de investigação e baseou-se no desenvolvimento profissional de um professor centrado em melhorar a qualidade das suas práticas de ensino (planeamento e prática lectiva) para melhorar as aprendizagens dos alunos.

Estabeleceu-se, então, o problema de investigação: como se pode promover o desenvolvimento profissional autodirigido, de forma a que a qualidade das práticas de ensino em sala de aula de um professor de Ciências Físicas se manifeste no desenho das tarefas experimentais e na mediação do professor em sala de aula para influenciar a qualidade das aprendizagens dos alunos, designadamente em termos do seu envolvimento nas tarefas e nas práticas epistémicas.

Houve a necessidade de perceber que modificações curriculares deviam ser levadas a cabo, desenhar tarefas pertinentes que visassem o desenvolvimento dos objectivos de aprendizagem e desenhar a forma como se iriam implementar. De ano para ano foram-se

introduzindo mais modificações, levando em conta não só a literatura como as reflexões sobre a prática até então efectuada.

Face ao problema de investigação tentaremos abordar e responder as questões de investigação seguintes:

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

Assim, o professor do nosso estudo de caso leccionava a disciplina de Física e Química A aos alunos do 10ºano e 11ºano de escolaridade alternando-se em cada ano conforme as necessidades da Escola Secundária onde trabalhava. É ainda importante referir que este professor leccionava Física e Química há vinte e três anos ao nível do 3ºciclo do ensino básico e secundário desde que este trabalho se iniciou. Convém ainda salientar que este professor também está ligado à investigação didáctica. Ao longo do tempo, tem-se mantido actualizado com as técnicas mais recentes de ensino, pelo que o material e o desenvolvimento profissional por ele fornecido apresenta uma qualidade de conteúdo apreciável para o fim a que se destina.

Durante a execução deste trabalho foram feitas reflexões da atuação do Professor (pelo professor do estudo e pelas colegas, *critical friends* que concordaram em reflectir sobre as aulas) e posterior alteração, quando necessário. Para isso, contou-se com a contribuição de duas Professoras de Física e Química do Ensino Secundário, do Professor Orientador e dos membros dos projectos de investigação onde a Professora e investigadora deste trabalho esteve envolvida. Os projectos de investigação onde esteve envolvida como investigadora e da qual aprendeu muito para reformular as suas práticas foram: "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula - *PTDC/CED/66699/2006"* e "O papel da mediação do professor usando simulações computacionais para melhorar a aprendizagem de Ciências Físicas e da Engenharia- *PTDC/CPE-CED/112303/2009".* Estes projectos tinham como Coordenador o Professor Doutor Bernardino Lopes.

Também se envolveu na elaboração e posterior publicação de artigos em revistas nacionais e estrangeiras, atas de congressos, bem como a frequência de acções de formação, conferencias, etc destindas aos professores de física e química.

Fez-se o estudo do papel das tarefas, no ensino experimental, na aprendizagem dos alunos, nomeadamente as suas características, gestão na sala de aula e apropriação pelos alunos, bem como o seu uso como utensílio/ferramenta instrumental, no sentido de desenvolver conhecimentos, competências e atitudes, bem como promover práticas epistémicas nos alunos.

Em cada ano teve-se a preocupação de perceber que traços de mediação tinham resultado na promoção das aprendizagens dos alunos. Por último, também se procurou perceber até que ponto a reflexão dos professores sobre a sua prática, bem como o seu envolvimento em projectos de investigação foi influenciando as modificações do currículo ao longo dos dez anos, na tentativa de elucidar alterações úteis para melhorar o ensino e a aprendizagem. Esta terceira questão serve de suporte às duas primeiras e analisa de que forma estas modificações, baseadas na reflexão da própria prática (assim como da prática de outros colegas), foram consolidando e fundamentando, dando suporte didáctico teórico e prático ao trabalho desenvolvido.

Identificaram-se traços de mediação que se revelaram produtivos no desenvolvimento de competências epistémicas, e descreve-se de que forma as reflexões de um professor sobre a sua prática (e a dos colegas) foram levando a modificar o desenho das tarefas e da mediação proposta, agindo a nível da sua mediação efectiva junto dos alunos.

3.1.1 Projeto tarefa experimental e abordagem de ensino

As tarefas experimentais são caracterizadas por um desafio inicial (na forma de um problema contextualizado) seguido de perguntas feitas durante as fases intermédia e de conclusão das actividades experimentais. A abordagem geral do ensino em trabalho experimental tem quatro fases e foi sempre a mesma durante todo o estudo: (a) fase 1- apresentação de um problema com um razoável grau de desafio e abertura para que os alunos se foquem numa tentativa de resposta e que deve incluir a abordagem do uso de atividades experimentais, (b) na fase 2- os alunos recebem o equipamento e material e são convidados a planear e escrever um procedimento experimental para testar a sua tentativa de resposta ao

problema inicial; (c) fase 3- desenvolvimento de atividades experimentais, (d), fase 4- os alunos são convidados a interpretar os resultados e liga-los ao problema inicial.

A ficha experimental é um auxiliar didáctico, inspirado em Lopes, (1994, 2001), que segue um modelo geral para apoiar as quatro fases do trabalho experimental referido acima. Este modelo tem seis subtarefas fundamentais (ver figura 3). Deve-se notar que, embora o chamemos de uma folha da tarefa experimental, as subtarefas são dados aos estudantes em folhas separadas de papel, nos momentos apropriados (depois da conclusão do subtarefa anterior).

Reflecte sobre o seguinte problema:

Situação física, seguida da apresentação de um problema e/ou vários sub-problemas

Para cada actividade experimental em causa é necessário especificar a situação física, os problemas e os materiais.

1. Formula uma ou várias hipóteses de resposta a este problema.

2. Com o seguinte material, planifica uma actividade experimental para testares a tua previsão

(Material apresentado e disponibilizado ao aluno)

3. Realiza a actividade experimental e, com os valores obtidos, constrói as tabelas que achares necessárias, de modo a relacionar essas grandezas.

Identifica as grandezas a medir. As grandezas a medir devem ser objecto de reflexão por parte do aluno.

Aquando da execução o professor deve dar indicações orais para o aluno registar na ficha experimental tudo o que vai fazendo e discutindo. Também é da responsabilidade do aluno o modo como organiza os seus resultados experimentais.

4. Questões pós experimentais:

Questões pós laboratoriais com a finalidade de o professor e o aluno verificarem se a aprendizagem com a actividade foi realmente produtiva, ou não.

5. Faz uma breve conclusão sobre a veracidade da hipótese colocada inicialmente e, caso seja necessário, reformula-a.

Figura 3. Modelo de subtarefas fundamentais da ficha experimental.

No início, quando o problema experimental é proposto o que o professor pretende é despertar a curiosidade dos alunos e mostrar a importância da atividade. Nesta fase, as estratégias de apresentação, tais como o cuidado da tarefa ou, se necessário, mais perguntas, serão sempre úteis. Durante o desenvolvimento das atividades experimentais o professor faz

perguntas para manter a atenção dos alunos nas suas metas de aprendizagem, em vez de focalizar os resultados da actividade experimental, para: (a) detectar possíveis dificuldades; (b) verificar o andamento da aprendizagem dos alunos. Finalmente, durante a última fase o professor pode pedir: (a) os resultados obtidos e sua explicação, (b) estabelecer comparações entre os resultados obtidos por cada grupo ou aluno; (c) e a eventual justificação para as semelhanças ou diferenças obtidas. Estas perguntas visam ajudar os alunos a responder à última subtarefa (T5). Os problemas utilizados nas tarefas experimentais em 2006, 2008 e 2012 são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Tipo de tarefa 1 apresentada em 2006, 2008 e 2012

2006: Algumas estações de radiodifusão, como a RDP ou Rádio Renascença emitem em AM e em FM. Haverá alguma diferença no som emitido por um tipo de emissão ou pelo outro? Formular uma hipótese de resposta.
2008: Nas comunicações por telemóvel e via satélite são utilizadas, microondas de determinadas faixas de frequências. Em grandes cidades são construídas torres altas que suportam um conjunto de antenas parabólicas de modo a permitir a propagação ponto a ponto, das microondas acima do topo dos edifícios. Como podemos modelizar esta situação física no laboratório? Por que razão existem várias antenas repetidoras? E um limite para a distância entre elas? Porque é que as antenas se situam a alturas apreciáveis do nível do solo? Formule uma hipótese de resposta para cada uma das questões anteriores.
2012:Em 1965 detectou-se a radiação de fundo, que ocorreu há 13,7 mil milhões de anos, quando o Universo começou a expandir-se e, ao mesmo tempo, iniciou o seu consequente arrefecimento. Esta radiação foi interpretada como um resíduo do Big Bang. *O comprimento de onda da radiação de fundo a que corresponde a potência máxima irradiada pelo universo é de 0,107 cm.* a)-Será possível saber a temperatura actual do Universo? Qual o seu valor? b)-Justifique a afirmação "Devido à expansão do Universo e o seu consequente arrefecimento, a radiação electromagnética original deslocou-se para o vermelho" *A temperatura da pele de uma pessoa é cerca de 34ºC. Suponha que a pessoa é um corpo negro.* a)-Qual o comprimento de onda máximo do seu espetro de radiação térmica? b)-Será, essa pessoa, vista por outras pessoas se estiver num compartimento escuro? Justifique. Propõe uma explicação para os problemas apresentados.

Também a tabela 2 mostra como foram apresentadas as tarefas aos alunos nos anos de intervenção incluindo as tarefas principais e os diferentes tipos de tarefas (tarefas subsidiárias) existentes nas diferentes fichas experimentais conforme o ano em causa e que encaminham o aluno para a execução de cada tarefa.

Tabela 2. Tarefas propostas aos alunos em 2006, 2008 e 2012

Tipo de tarefa	2006	2008	2012
Tarefas principais	Algumas estações de radiofusão, com RDP ou a Rádio renascença emitem em AM e em FM. Haverá alguma diferença no som emitido por um tipo de emissão ou pelo outro?	Nas comunicações por telemóvel e via satélite são utilizadas micro-ondas de determinadas faixas de frequências. Em grandes cidades são construídas torres altas que suportam um conjunto de antenas parabólicas de modo a permitir a propagação, ponto a ponto, das micro-ondas acima do topo dos edifícios. Como podemos modelizar esta situação física em laboratório? Porque razão existem várias antenas repetidoras? E um limite para a distância entre elas? Porque é que as antenas se situam a alturas apreciáveis do nível do solo?	1-Em 1965 detectou-se a radiação de fundo, que ocorreu há 13,7 mil milhões de anos, quando o Universo começou a expandir-se e, ao mesmo tempo, iniciou o seu consequente arrefecimento. Esta radiação foi interpretada como um resíduo do Big Bang. O comprimento de onda da radiação de fundo a que corresponde a potência máxima irradiada pelo universo é de 0,107 cm. a)-Será possível saber a temperatura actual do Universo? Qual o seu valor? b)-Justifique a afirmação "Devido à expansão do Universo e o seu consequente arrefecimento, a radiação electromagnética original deslocou-se para o vermelho" 2- A temperatura da pele de uma pessoa é cerca de 34ºC. Suponha que a pessoa é um corpo negro. a)-Qual o comprimento de onda máximo do seu espetro de radiação térmica? b)-Será, essa pessoa, vista por outras pessoas se estiver num compartimento escuro? Justifique.
Tarefas subsidiárias encaminhavam a execução da tarefa			
Tarefa tipo 1 Formule uma ou mais hipóteses para responder ao problema.	T1 e T7	T1	T1
Tarefa tipo 2 Com este material planeie uma experiência para testar a sua previsão	Não existe	T2	T2
Tarefa tipo 3 Realize a experiência, registe os dados em tabelas e obtenha relações relevantes.	T2 e T4 - realizar a atividade experimental explicitando todos os passos do procedimento	T3 - o professor solicita aos alunos a realização da atividade experimental, solicitando apenas que registe os resultados, tratando-os numa tabela, caso seja necessário	T3 e T4 - realizar a atividade experimental explicitando todos os passos do procedimento. - o professor solicita aos alunos a realização da atividade experimental, solicitando que registem os resultados, tratando-os numa tabela que lhes é apresentada

Tarefa tipo 4 Questões pós experimentais para se verificar se aprenderam aspetos específicos com a atividade	T3, T5, T8.1, T8.2, T8.3, T8.4 e T8.5	T4 e T5	T6
Tarefa tipo 5 Tirar conclusões, responder ao problema e discutir se a previsão inicial estava correta e/ou completa	T6; fazer uma breve conclusão sobre a veracidade das hipóteses inicialmente colocada por eles.	T6 e T7 - fazer uma breve conclusão sobre a veracidade das hipóteses inicialmente colocada por eles e explicitar em que medida os resultados experimentais respondem à questão problema formulada inicialmente	T5- Tira conclusões e Confronta os resultados experimentais obtidos com a tua previsão

Assim, o desenho da tarefa inicial mudou de 2006 para 2008 e para 2012, como se pode verificar na tabela 2. Às tarefas principais seguiram-se tarefas subsidiárias que foram sendo dadas aos alunos à medida que iam executando cada tarefa anterior. As tarefas eram apresentadas aos alunos através de uma ficha de trabalho. O professor distribuía folha a folha, só entregava uma nova folha da ficha quando todos os alunos já tinham completado todas as tarefas da folha anterior. Em cada ano, 2006, 2008 e 2012, a 1ª folha da ficha continha a tarefa principal e a tarefa T1 (ver tabela 2). Em 2006 a 2ª folha da ficha continha as tarefas de T2 até T4; a 3ª folha da ficha tinha a tarefa T5 e T6; a 4ª folha tinha a T7 e T8.1; e a última folha tinha as tarefas de T8.2 até T8.5. Relativamente a 2008, a 2ª folha da ficha tinha a T2 e T3; a 3ª folha continha as tarefas de T4 a T7. Em 2012 a 1ª folha continha a tarefa principal a T1 e a T2, na 2ª folha havia as tarefas T3 e T4, na 3ª folha tinha a tarefa T5 e na 4ª folha estavam as tarefas T6, T7 e T8. As tarefas completas, chamadas por fichas experimentais encontram-se no anexo A.

3.1.2 Desenho da mediação do professor

As tarefas propostas foram cuidadosamente planeadas pelo investigador para desenvolver PE alunos (as práticas epistémicas) que promovem a construção do conhecimento. Em particular, as tarefas propostas aos alunos tiveram a preocupação de facilitar a conexão de conhecimento anteriores dos alunos, mobilizando-os com o processo de construção concetual (Felder, Woods, Stice, & Rugarcia, 2000; Lopes, 2004; Smits, Boon, Sluijsmans, & Gog, 2008). Isto foi reforçado pelo esforço do professor, em sala de aula, para facilitar a conexão com o conhecimento prévio e para ajudar a organizar o conhecimento dos

alunos e promover uma atitude reflexiva, a fim de serem capazes de melhorar a aprendizagem significativa (Lopes, 2004; Lopes et al., 2008b; Trigwell et al., 1999).

Um cuidado especial foi tido em conta para que os alunos compreendessem a importância das tarefas propostas para alcançar os objetivos de aprendizagem descritos, a fim de facilitar o seu próprio envolvimento na tarefa. Sabe-se que é muito importante defini-la, bem como, deixar claro os objetivos de aprendizagem desde o início (Biggs, 1999). Assim, a mediação do professor teve em conta: (a) apresentação, formulação e gestão da tarefa experimental, (b) encontrar o equilíbrio mais adequado entre a orientação (ou mesmo ajuda) e autonomia, prestando atenção ao trabalho dos alunos e à sua linguagem, a fim de melhorar PE dos alunos durante o trabalho experimental.

O processo de mediação geral do professor foi sensivelmente o mesmo nas três implementações.

A elaboração das tarefas foi uma mudança na mediação ao longo do tempo e cujo sucesso foi alcançado. No entanto, no que diz respeito à apresentação desta e implementação em sala de aula, conseguiram-se pequenas alterações, mas que foram muitas vezes muito significativas na obtenção de PE e no envolvimento produtivo dos alunos.

Assim, a tarefa embora pareça ter o mesmo corpo de estrutura, vai sucessivamente ao longo dos anos pedindo mais intervenção e autonomia por parte dos alunos. O professor por sua vez também foi atuando em sala de aula (nas pequeninas coisas) por forma a intervir o menos possível, permitindo ao aluno uma independencia cada vez maior.

3.2 Caracterização do caso de investigação-acção

O que se pretende abordar nesta secção é, por um lado a caracterização do professor do estudo, bem como a escola onde esse professor lecciona e onde decorreu o estudo deste trabalho, e as turmas onde o referido professor trabalhou nos anos onde incidiu o estudo em causa (3.2.1) e; por outro lado é apresentado e discutido o percurso profissional do professor do estudo ao longo dos anos em análise (3.2.2). Por último, evidenciam-se comentários de especialistas, das critical friends, relativos às concepções, crenças e práticas do ensino da Física (3.2.2.1); e ainda se salienta a parceria que se pretendeu aproveitar neste estudo inserida também em dois projectos de investigação aprovados e o facto de se partilhar materiais, reflexões, experiências surgidas em práticas concretas de ensino e de aprendizagem

com vista à resolução de problemas percepcionados em comum através da participação do professor investigador em projetos de investigação (3.2.2.2).

3.2.1 Caracterização do professor, turmas e escola

As turmas correspondentes a este caso foram lecionadas por uma professora com uma experiência lectiva de vinte e três anos, com habilitação profissional para o grupo de Física e Química conferida pela Licenciatura em Física e Química e pela Profissionalização em Serviço realizada anteriormente. A situação profissional da professora, durante a implementação do estudo, era estável, uma vez que já se encontrava provida em lugar de quadro, com nomeação definitiva, numa escola da sua área de residência.

As turmas correspondentes ao caso, pertenciam a uma escola do concelho de Vila Real, na qual a carga horária semanal para a disciplina de Física e Química A correspondia a duas aulas com a duração de 90 minutos e uma de 135 minutos. Esta escola, no âmbito da sua autonomia, optou por conceder o desdobramento por turnos, em todas as turmas que tivessem Física e Química, no sentido de facilitar a realização de aulas de carácter mais prático e nas quais era valorizada a realização de actividades experimentais. Assim, as aulas de 135 minutos eram realizadas em laboratório ou numa sala anexa a esta e com metade da turma, que de seguida receberia a outra metade. Tratava-se de uma escola inserida numa sede de concelho, no centro da cidade de Vila Real, onde existiam três escolas públicas e se lecciona o ensino secundário, e onde há incidência de grande densidade populacional, o que se traduzia num elevado número de alunos em cada turma. Deste modo, o número de turmas, por cada ano de escolaridade, era grande e, consequentemente, também o número de alunos por turma. Havia alguma (talvez suficiente) disponibilidade em termos de recursos como salas de aula, laboratórios, salas de informática, biblioteca, etc.

As aulas, destas turmas, nem sempre decorreram no laboratório de Física e de Química da escola, no qual havia uma razoável disponibilidade de material e equipamentos, porque há muitas turmas na escola e esta só dispõe de um laboratório de Química e um de Física. Para além disso muitas vezes uma actividade experimental não terminava quando se estava na aula de 135 minutos (aula de laboratório) e por isso tinha de se prolongar para a aula seguinte que seria realizada com toda a turma e numa sala de uma aula qualquer.

O laboratório de Química dispunha de quatro bancadas de trabalho, relativamente afastadas, sendo fácil a circulação do Professor, dos alunos e aos equipamentos.

O laboratório de Física tinha ao longo de uma parede da sala uma bancada com torneiras e tomadas e de resto as cadeiras estavam distribuídas como numa sala normal, com as carteiras orientadas em filas. No entanto a Professora alterava sempre a disposição dessas carteiras colocando-as em U e dirigindo os alunos para o quadro. Muitas vezes colocava uma mesa ao centro do U para colocar o material de laboratório ou mesmo o aparato experimental, sendo fácil o debate entre a professora e os alunos bem como o acesso ao local onde se encontravam os equipamentos.

A primeira implementação do estudo foi feito no ano lectivo 2005/2006 (primeiro ano do estudo) numa classe de 11º ano de Física e Química com 25 alunos (a maioria deles 15-16 anos de idade) durante 4 aulas cada uma com 90 minutos (total de 360 minutos). A atividade experimental teve o tema "transmissão de informações por ondas em AM e FM", durante todas essas lições. No ano lectivo anterior a esta implementação, o professor ensinara esses alunos frequentando o 10º ano. Iremos, doravante, referirmo-nos a esta como a implementação de 2006. Os estudantes eram de um meio sócio-económico elevado e viviam perto da escola. A maioria dos alunos nunca foi reprovado e teve um bom desempenho académico. De referir que muito poucos alunos (2 ou 3) beneficiavam de Apoio Social Escolar, o que era indicativo de ausência de carências a nível económico.

Os alunos eram provenientes de agregados familiares com situações sócio-económicas favorecidas, uma vez que a esmagadora maioria dos Encarregados de Educação (Pai ou Mãe) apresentava médios/altos níveis de escolaridade possuindo habilitações académicas de nível superior.

No que toca à ocupação dos tempos livres, a maioria dos alunos referiu gostar de ouvir música, ler, ver televisão e praticar desporto. A maioria dos alunos manifestou que gostava da escola, enquanto espaço físico, mas não dedicava muito tempo diário ao estudo. Esta turma não apresentava quaisquer problemas em termos de comportamento ou relacionamento interpessoal.

Na segunda implementação do estudo (ano lectivo 2007/2008) (terceiro ano do estudo), o professor era o mesmo, bem como a escola. Esta implementação passará a ser chamada de implementação 2008. Os alunos não eram os mesmos, mas frequentavam a mesma disciplina no mesmo nível de escolaridade e tinham características semelhantes às da primeira implementação, ou seja, em termos de idade e característica socioeconómica. Nesta implementação, o professor ensinara a esses alunos desde o nível básico (idade dos alunos: 12-13 anos de idade) até o momento. A execução ocorreu durante 3 aulas, cada uma com

tempos diferentes, duas de 90 minutos e uma de 135 minutos (total de 315 minutos). A atividade experimental teve como tema "Comunicações por radiação electromagnética", e é executada durante todas essas lições. Os anos desde 2008 a 2012 foram dedicados a fazer uma reflexão com base no material sobre a prática de ensino e testes de algumas ideias em sala de aula (ver subseção "reflexão docente"), bem como a participação ativa em projetos de investigação (já mencionados) e publicações do trabalho até então desenvolvido.

Na terceira implementação do estudo (ano lectivo 2011/2012) (sétimo ano do estudo), o professor era o mesmo, bem como a escola. Esta implementação passará a ser chamada de implementação 2012.

Os alunos não eram os mesmos, mas frequentavam a mesma disciplina de Física e Química do 10º ano e tinham características semelhantes às da primeira implementação e segunda implementação, ou seja, em termos de idade e característica socioeconómica. Nesta implementação, o professor nunca tinha ensinado previamente esses alunos. A execução ocorreu durante 3 aulas, cada uma com tempos diferentes (total de 315 minutos). A atividade "experimental" e em particular de simulação computacional teve como tema " lei do deslocamento de Wien ", e simulação computacional do PhET (disponível na Internet) sobre o mesmo tema. Os alunos estudaram o fenómeno usando a SC para chegar à lei de Wien. e ocorre durante todas essas lições.

3.2.2 Percurso Profissional do professor investigador

Apresenta-se na tabela seguinte (tabela 3) uma sinopse do percurso profissional do professor em estudo. O percurso profissional no período entre 2005 e 2013 foi marcado por:

(i) Actividades de interacção com outros profissionais. Neste particular destaca-se a interacção com os *critical friends* (ver secção 3.2.2.1);

(ii) Formação profissional complementar

(iii) Reflexão sobre as práticas profissionais com base nas narrações multimodais (ver secção 3.2.2.2)

(iv) Actividade de interacção com equipas de investigação da qual resultou a participação em projectos de investigação (ver secção 3.2.2.3) e a apresentação de resultados de investigação.

Tabela 3. Sinopse cronológica do percurso profissional

Data	Atividades de interacção/reflexão com outros profissionais	Formação profissional complementar	Actividade de interacção com investigadores	Actividade de apresentação de resultados
2004/2005	Reuniões com duas colegas de escolas diferentes da investigadora: Discussões: -cada uma nas suas aulas e possíveis alterações - analise dos artigos de revistas de Educação em Ciências - discussão sobre a ajuda desses artigos Reuniões com o Prof. Orientador e elaboração de instrumentos de ajuda à leccionação	Acões de formação: Uma Abordagem ao Novo Programa de Física do 12º Ano **(E-1)** Estudo Acompanhado **(E-2)**	Projeto da FCT (2 anos) "Resolução de problemas (P1/CIDTFF/03) **(C-1)**	3 comunicações em atas **(A-1, 2 e 3)**
2005/2006	Reuniões com duas colegas de escolas diferentes da investigadora: discussão das aulas com base na audição das gravações de aulas de cada professora em causa. - Elaboração de alguns materiais a usar entre todas - Orientação de aplicação das fichas por parte da investigadora. **(W1)** Reuniões com o Prof. Orientador para elaboração e alteração de instrumentos de ajuda à leccionação **(W2)**	Educação Em Ciências – Desenvolvimento Conceptual e Práticas de Referência, **(E-3)**	XI Encontro Nacional de Educação em Ciências, I Encontro de Educação para uma Nova Cultura da Água. **(D-1)**	3 comunicações em atas **(A-4, 5 e 6)** 1 apresentação **(A-7)**

2006/2007	**(W1) e (W2)** Reuniões com a equipa do projecto da FCT com vista à apresentação de dados obtidos com as suas práticas lectiva **(W3)**	Trabalho Prático/Experimental e Avaliação no Contexto dos Novos Programas de Física e Química **(E-4)**	Projeto da FCT (3 anos) "Resolução de problemas "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula" (PTDC/CED/66699/2006) **(C-2)** Projeto da Ciência Viva (2anos) "Aplicações das Tecnologias da electrónica e da informação no Ensino da Física – PVI 1031" **(C-3)**	1comunicaçao em atas **(A-8)**
2007/2008	**(W1), (W2), (W3)**	Educação Em Ciências – Encontro Nacional de Educação em Ciências **(E-5)**	Projeto da FCT (3 anos) "Resolução de problemas "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula" (PTDC/CED/66699/2006) **(C-2)** Projeto da Ciência Viva (2 anos) "Estação de rádio escuta e rastreio de comunicações PVI 1560" **(C-4)** Educação Em Ciências – XII Encontro Nacional de Educação em Ciências, UTAD, **(D-2)**	1comunicaçao em atas **(A-9)**

2008/2009	**(W1), (W2), (W3)**	Curso de Formação para Professores em Astronomia **(E- 6)**	Projeto da FCT (3 anos) "Resolução de problemas "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula" (PTDC/CED/66699/2006) **(C-2)** Projeto da Ciência Viva (3 anos) **"HOLOREDE ",** projecto com a universidade de Aveiro **(C-5)**	2 comunicações em atas **(A-10 e 11)**
2009/2010	**(W2) e (W3)**		Projeto da FCT (3 anos) Projecto "Teacher mediation of students learning in S&T with computer simulations", PTDC/CPE-CED/112301/2009 **(C-2)** XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENEC), Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Educação, Castelo Branco, **(D-3)**	3 comunicações em atas **(A-12, 13 e 14)**
2010/2011	**(W2) e (W3)**	A Experimentação em Ciências Físico-Químicas - Desenvolvimento dos Programas **(E-7)** XIV Encontro nacional de Educação em Ciências: Educação em Ciências para o trabalho, o Lazer e a Cidadania **(E-8)**	Projeto da FCT (3 anos) Projecto "Teacher mediation of students learning in S&T with computer simulations", PTDC/CPE-CED/112301/2009 **(C-2)**	

2011/2012	**(W2) e (W3)**	Avaliação funções e práticas **(E-9)**	Projeto da FCT (3 anos) Projecto "Teacher mediation of students learning in S&T with computer simulations", PTDC/CPE-CED/112301/2009 **(C-2)** "XIV Encontro nacional de Educação em Ciências: Educação em Ciências para o trabalho, o Lazer e a Cidadania" (XIV ENEC), Universidade do Minho, Braga **(D-4)**	1 Artigo em revista **(B 1)**
2012/2013	**(W2) e (W3)**	**Palestra:** "As fibras ópticas, uma abordagem no Ensino Secundário". Brincar com a Ciência- semana da ciência **(E-10)**	Projeto da FCT (3 anos) Projecto "Teacher mediation of students learning in S&T with computer simulations", PTDC/CPE-CED/112301/2009 **(C-2)**	2 Artigos em revista **(B 2 e 3)** 3 Comunicações em atas **(A-15, 16 e 17)**
2013/2014	Reuniões com o Prof. Bernardino Lopes para análise de dados obtidos, sugestão de tratamento desses dados	Laboratório Aberto- semana da Ciência **(E-11)** Visita à Sala Eureka na (FCUP).	Projeto da FCT (3 anos) Projecto "Teacher mediation of students learning in S&T with computer simulations", PTDC/CPE-CED/112301/2009 **(C-2)**	1 Artigo em revista **(B 4)**

3.2.2.1 Interação com colegas da mesma disciplina

Conforme referido, o professor teve dois períodos de reflexão entre as três implementações com vista a melhorar a prática de ensino na implementação seguinte. A reflexão feita pelo professor focada na formulação concreta de cada tipo de sub tarefas dentro da mesma tarefa geral, e sobre os esforços do professor para promover PE dos alunos em termos de frequência, variedade e qualidade foi feita pelo professor investigador tendo por base: (a) a interacção com duas colegas (critical friends) que leccionavam a mesma disciplina em duas escolas diferentes (cada uma na sua escola) do Norte de Portugal Continental; (b) os encontros entre as critical fiends e a investigadora foram realizados uma a duas vezes por semana antes e durante a implementação do nosso estudo. Após a realização das aulas de cada uma das professoras intervenientes e apresentada a sua gravação, estas eram ouvidas algumas vezes por todas. No decorrer da audição era feita a análise por todas, surgindo críticas, e dando lugar a sugestões de melhoramento das mesmas.

A descrição da dinâmica de sala de aula para Shank (2006) ajuda os professores a criar um espaço de aprendizagem colaborativo, ligando a realidade privada e individual de ensino a uma realidade conceptual pública reflectindo no seu ensino, e vendo novas direcções e co-construindo uma compreensão partilhada de boa pedagogia. Para alguns autores, as histórias e narrativas/descrições dos acontecimentos da sala de aula não são apenas usados para representar situações passadas num momento presente mas para negociar acontecimentos presentes e futuros. Para Shank (2006) as imagens verbais e expressões emocionais, usadas na narrativa dos acontecimentos de sala de aula permitem que a prática de ensino do narrador seja exposta a público. Os diálogos realizados pela investigadora e as professoras mencionadas anteriormente, critical friend, aconteceram num espaço colaborativo onde as suas práticas pessoais eram reveladas, compreendidas, criticadas e desenvolvidas para posteriormente essas mesmas práticas serem melhoradas. Também para Cook e Brown (1999) o diálogo entre duas pessoas e, particularmente entre dois profissionais da educação, pode ser uma fonte de inovação das suas práticas a partir de partilha produtiva: para Cook e Brown (1999) o diálogo permite não só a partilha do conhecimento como pode, também, proporcionar a geração de novo conhecimento e possíveis novas formas de usar o saber fazer. Assim, o diálogo pode permitir e proporcionar um trabalho e compreensão epistémicos sobre as práticas de ensino de cada professor assim como a inovação das práticas de sala de aula. Cook e Brown (1999) afirmam que para além dos conhecimentos individuais é importante

criar situações que ajudem os grupos a desenvolver práticas (formas de saber) que usem o conhecimento de formas e inovadoras e mais produtivas. Por outro lado, Costa e Kallick (1993) falam do critical friend como uma pessoa de confiança que coloca questões provocatórias, providencia a análise dos "dados" através de lentes diferentes e que critica o trabalho de uma pessoa como um amigo: contribuindo sempre para o sucesso do trabalho em causa. É neste contexto e com estes pressupostos que o diálogo entre a critical friend e a professora investigadora acontece: num contexto de confiança e amizade, dentro de práticas situadas e devidamente contextualizadas do trabalho ordinário e comum permitindo aprofundar o conhecimento das respectivas práticas a partir do confronto estabelecido pelas perguntas de esclarecimento, pela partilha de entendimentos diferentes, pelas práticas diferentes depois do planeamento da prática ter sido negociado de forma consensual.

3.2.2.2 Reflexão sobre as práticas

Para realizar a reflexão sobre as práticas de ensino do professor – investigador a seguinte informação foi tida em conta: (a) tarefas experimentais utilizadas em 2006, 2008 e 2012 (b), narrações multimodais (NM) das aulas de 2006, 2008 e 2012 aulas (ver secção 3.3.3) usando todos os dados recolhidos, (c) discussões/sugestões com mais investigadores (incluindo o professor orientador de doutoramento) e com os colegas que estavam dispostos a colaborar com estas reflexões.

Coube ao professor investigador (a) produzir os NM de aulas, (b) refletir sobre a sua prática (considerado como central por McNiff e Whitehead, 2002) com base em NM, discutindo com os colegas as representações iniciais dos padrões de mediação professor encontrado em NM, (c) testar algumas idéias em sala de aula, nomeadamente dar mais autoridade aos estudantes e (d) tentar uma formulação de uma tarefa mais desafiadora.

Estas reflexões levaram a uma mudança na prática desta professora, nomeadamente em termos de formulação de tarefas e atenção especial com alguns aspectos da mediação do professor.

3.2.2.3 Participação em projetos de investigação

Actualmente, um novo tipo de parceria que se tem mostrado particularmente eficaz para o desenvolvimento profissional, são as **comunidades de aprendizagem**, formadas por um conjunto de pessoas (da mesma ou de diferentes Instituições) que decidem partilhar materiais, reflexões, experiências surgidas em práticas concretas de ensino e de aprendizagem

com vista à resolução de problemas percepcionados em comum (Pallof & Pratt, 2005). Este tipo de parceria que se pretendeu aproveitar neste estudo foi inserido também em dois projectos de investigação aprovados e com financiamento da FCT (Refª nº *PTDC/CED/66699/2006*), intitulados: **"Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula"** e (Refª nº *PTDC/CPE-CED/112303/2009*), **"O papel da mediação do professor usando simulações computacionais para melhorar a aprendizagem de Ciências Físicas e da Engenharia"** .

A minha participação nestes projectos consistiu em:

• Observações de aulas, nomeadamente através do desenvolvimento do conhecimentos dos alunos nos contextos reais de ensino e dos contextos (escolar e social) da prática;

• Reflexão sobre as intervenções em contexto de sala de aula (das próprias aulas e de outros colegas dos projetos) através de análise de gravações em áudio, para que os professores se entreajudarem-se e (re)apropriarem-se dos saberes de que são portadores;

• Discussão com colegas mais experientes e investigadores em didáctica da física, nomeadamente sobre questões específicas do contexto de sala de aula (experiências concretas positivas e negativas, planificações, actividades, estratégias, etc.), quer como exemplo quer como contra-exemplo, no sentido de contribuir para o desenvolvimento de uma progressiva consciencialização (reflexão) sobre os sucessos e fracassos;

• Análise e reflexão crítica sobre documentos investigativos produzidos por cada um;

• Comparação e análise das respostas dos alunos em situações reais de ensino;

• Reflexão sobre exemplos concretos de sala de aula e o contexto em que ocorreu, sempre que possível mobilizados a partir da análise das práticas dos próprios professores, nomeadamente através da divulgação pública de trabalhos centrados no desempenho inovador dos próprios docentes;

• Produção e divulgação de documentos de inovação didáctica a aplicar em aulas de física e química por qualquer professor da área;

• Produção de publicações em colaboração com membros da equipa de investigação;

Os projectos de investigação-acção, inseridos nestes projectos foram centrados em temas curriculares de Física e Química A. A escolha dos temas, e das equipas que os operacionalizaram, foram negociadas entre os membros do projeto.

Os projectos consistiram na concepção, fundamentada à luz de referentes actuais para o Ensino das Ciências, no desenvolvimento, em contexto de sala de aula, e na avaliação de sequências didácticas e materiais curriculares. Para além das equipas responsáveis pelos

projectos de investigação-acção, foi incentivado, num primeiro momento, o envolvimento de outros professores pertencentes às escolas da região visando, numa fase posterior, alargar a outros professores de diferentes estabelecimentos de ensino e regiões que passarão, a aplicar os materiais produzidos nestes projectos. O desenvolvimento dos projectos será continuamente partilhado, não só entre os elementos da equipa responsável por cada um deles mas, também, entre todos os elementos da comunidade aprendente, com recurso a reuniões e a outras formas de interacção. Os métodos de investigação combinarão abordagens de recolha de dados qualitativas e quantitativas. A análise de dados foi feita com recurso à análise de conteúdo e estatística.

A inserção da dinâmica da investigação- acção da tese de Doutoramento nos projectos de investigação da FCT atrás referidos veio trazer um enriquecimento no desenvolvimento profissional, bem como de competências de investigação em particular a análise de conteúdo.

3.3 Recolha e tratamento de dados

Neste subcapítulo pretende-se fazer uma descrição de como se recolheram os dados e os vários instrumentos utilizados, mais especificamente a recolha de dados ao longo da investigação (3.3.1), dados recolhidos sobre as práticas de ensino (3.3.2), e finalmente descreve-se como se construíram as narrações multimodais (3.3.3).

Ao longo dos sete anos, com o objectivo de melhorar a prática da professora investigadora, na procura de maior especificação e aprofundamento de actividades experimentais, de recursos e de consequentes reflexões, sempre se foram recolhendo dados por observação do investigador.

É realizada uma análise longitudinal ao longo de seis anos consecutivos, embora não com o mesmo conjunto de alunos, avaliando as modificações que foram ocorrendo e tendo como termo de comparação de dados os anos anteriores a cada intervenção didáctica, em que curricularmente já tinha havido modificações.

Os dados recolhidos sobre as práticas de ensino foram:

- Registo da perspectiva do professor investigador de como decorreu a sua mediação e a aprendizagem dos alunos (2005/2006; 2007/2008; 2011/2012);
- Registo de comentários informais dos alunos;
- Trabalhos experimentais realizados pelos alunos durante os anos de intervenção.

3.3.1 Recolha de dados ao longo da investigação

Visando a modificação e melhoria didáctica, tendo em mente o método de investigação – acção, ou seja, fazer aprendizagens das consequências das modificações requer um processo sistemático para proceder a esta análise. Cohen et al., (2011), propõe os seguintes passos: revisão da prática actual, identificação dos aspectos que se pretendem melhorar, desenhar uma forma de o fazer, experimentar, monitorizar e reflectir sobre as suas repercussões, modificando o desenho da prática à luz dessas reflexões e por fim avaliar a acção modificada.

Seguindo esta linha de orientação estruturou-se um percurso de investigação que permitiu dar suporte a algumas modificações durante a intervenção didáctica, acompanhando-a ao longo dos dez anos mencionados, com vista a avaliar a acção tida nas aulas experimentais.

Durante a nossa investigação houve a preocupação de preservar os ambientes naturais de aula, tendo os meios de recolha de dados sido seleccionados com base nesse factor, para nós essencial, para se elaborar um desenho o mais correto possível da prática de ensino. Deste modo, no sentido de procurar dar resposta às questões de investigação, foram usados os seguintes instrumentos de recolha de dados:

1. Fichas experimentais, preenchidas pelos alunos em 2005/2006, 2007/2008 e 2011/2012;
2. Fotografias;
3. Printscreens;
4. Diagrama da distribuição espacial dos alunos;
5. Notas do professor sobre esquemas feitos no quadro;

Resumidamente apresenta se na tabela 4, para uma leitura mais fácil, a relação entre os anos de intervenção, o número de aulas gravadas em cada ano de intervenção e o número de testes de competências, de opinião e fichas experimentais para análise. Os dados recolhidos pelo professor do estudo de caso foram:

Tabela 4. Dados recolhidos nos anos de intervenção

Ano de intervenção	Gravações áudio	Fotografias	Print screens	Fichas experimentais preenchidas pelos alunos	Diagramas da distribuição espacial dos alunos	Notas do professor sobre esquemas feitos no quadro	Tarefas colocadas aos alunos
2005/2006	4 aulas de 11º ano	5	—	25	5	10	5
2007/2008	3 aulas de 11º ano	4	—	21	5	12	5
2011/2012	3 aulas de 10º ano	5	25	25	6	10	5

Os dados recolhidos foram quatro gravações áudio correspondentes a quatro aulas, no ano lectivo de 2005/2006, três gravações áudio no ano 2007/2008 e três gravações de três aulas no ano de 2011/2012, bem como os correspondentes testes de opinião aplicados antes e depois da intervenção assim como as fichas experimentais que os alunos completaram com a descrição de todas as actividades que desenvolveram ao longo das aulas. Na tabela 4 também consta o número de testes e de fichas experimentais recolhidas em cada caso conforme o número de alunos existente em cada ano. Todas as aulas foram leccionadas pelo mesmo professor, que é o do nosso estudo. As aulas gravadas baseiam-se essencialmente na realização de actividade experimental, à exceção do ano 2011/2012 que para além de ser usada uma actividade experimental esta foi feita como simulação computacional, no entanto a ficha experimental elaborada para a ocasião foi em tudo semelhante à de um trabalho experimental.

Os dados recolhidos sobre o ensino e a aprendizagem e o desenvolvimento profissional foram:

- Tarefas proporcionadas aos alunos (2005/2006; 2007/2008; 2011/2012);
- Alteração das tarefas usadas em cada ano de intervenção (2005/2006; 2007/2008; 2011/2012);
- Gravações áudio de aulas do professor investigador, nos anos lectivos de 2005/2006; 2007/2008 e 2011/2012;
- Documentos relativos à reflexão com colegas (2007 a 2008).
- Documentos relativos às publicações
- Participação do professor investigador nos projectos de investigação (2007–2014).

Os dados recolhidos serão usados para responder às 3 questões de investigação.

Os dados relativos às práticas de ensino e de aprendizagem foram organizados em narrações multimodais. Na secção seguinte (3.3.2) faz-se a descrição do processo da sua elaboração e validação.

3.3.2 Construção das Narrações Multimodais

Para analisar as características da mediação do professor determinantes para promover práticas epistémicas e o envolvimento produtivo dos alunos durante o trabalho experimental e no uso de simulações computacionais, elaboraram-se narrações multimodais (NM) de aulas deste professor a partir de todos os dados recolhidos sobre as práticas de ensino e de aprendizagem e em particular das gravações áudio de aulas aplicado nas três intervenções. De acordo com Lopes et al., (2010a; 2014), uma NM é um relato multimodal, feita pelo professor que lecionou a aula (acções e linguagem) pela sequência cronológica, descrevendo o que acontece na sala de aula, a partir de dados independentes (e.g. gravação áudio, fotos, documentos produzidos pelos alunos e professor, cadernos dos alunos, esquemas da organização espacial da sala, entre outros) focando a ação e a linguagem do professor e dos alunos durante uma tarefa (em sentido lato), desde a sua apresentação até esta ser terminada, bem como informações que só o professor tem (decisões tomadas, silêncios, gestos, perceções do que acontece, etc.). De acordo com Lopes et al., (2014), uma NM é uma descrição exaustiva das acções e discurso do professor e alunos com base nos dados multimodais acima indicados, obedecendo a uma estrutura e protocolo.

Cada NM é feita a partir da audição da gravação e recorrendo ao uso dos diferentes documentos referidos anteriormente.

Em particular usaram-se: as fichas experimentais entregues a cada aluno antes da execução da tarefa, folha por folha e cujo preenchimento servia de relatório da mesma. (Não se entregava a folha seguinte enquanto não estivesse feita e discutida a folha anterior da ficha experimenta); Fotografias do aparato, do registo de alunos no quadro, etc sempre que nos parecesse útil e importante, e no caso das simulações os Printscreens, permitia guardar a imagem do obtido durante a simulação para posterior análise e estudo por parte dos alunos (possível alteração sempre que se considerou necessário).

Após esta fase são acrescentados ao relato elementos multimodais, tais como fotos, diálogos, *print screens* da SC, esquemas elaborados no quadro, indicação de silêncios, excertos das respostas dos alunos, etc. Depois cada NM é lida e validada (recorrendo à

gravação áudio) por outras pessoas de modo a conferir a sua legibilidade, completude e adequação aos dados independentes. A versão inicial da NM apresentada pelo professor é melhorada até ter sido alcançada uma versão legível, completa e fidedigna. A primeira parte da NM é uma descrição geral de toda a aula e contém os seus elementos contextuais. A segunda parte é a descrição detalhada do que acontece durante cada episódio, mencionando o tempo de início e término.

Um episódio começa com a apresentação de uma tarefa, problema ou desafio, e termina com a conclusão da tarefa ou, quando uma nova tarefa é proposta. As NM utilizadas neste trabalho seguem o procedimento descrito por Lopes et al., (2008a; 2010a; Lopes et al., 2014), que envolve três fases:

- **Fase 1:** A coleta de dados. O narrador reúne os dados independentes (gravações áudio, documentos produzidos pelos alunos e pelos professores, as características dos alunos em sala de aula, instalações, organização da aula, fotos de artefato e materiais utilizados, notebook alunos, sala de aula, cópias de nota quadro negro ou esquemas, etc), e os dados dependentes (ou seja, as notas do professor sobre elementos que não são perceptíveis na gravação de áudio, incluindo ações, silêncios, decisões, intenções, as reações dos alunos, etc);

- **Fase 2:** Construção. O narrador ouve a gravação de áudio e cruza esses dados com todos os elementos multimodais. Existem três sub-fases: (a) comparar e organizar todos os dados, (b) construir a primeira secção principal da NM, que contém o relatório resumido da lição inteira, elementos contextuais e a referência aos episódios, e (c) construir a narrações multimodal de cada episódio. Em cada episódio, da apresentação de uma tarefa até a sua realização ou com a apresentação de uma nova tarefa, foram narrados, com elementos multimodais, as acções e linguagem do professor e dos alunos. A NM é progressivamente enriquecida por elementos multimodais ou referências a eles o documento final da NM. A NM mais os elementos de dados multimodais (dados independentes e dependentes) que ela visa, em conjunto, fazer uma unidade hermenêutica em que o NM é o documento principal;

- **Fase 3:** Validação. A NM é lido por outros professores e pesquisadores, para validar a precisão e legibilidade. É melhorado até uma versão aceitável final seja alcançada. Produziram-se dez narrações multimodais (NM) feitas pelo professor investigador (quatro lições da aplicação, em 2006 e três lições da implementação 2008 e três lições da implementação em 2012).

Os dados recolhidos serão usados para responder às questões de investigação. Os dados relativos às práticas de ensino e de aprendizagem foram organizados em narrações multimodais que a seguir se descreve como foram feitas.

3.4 Análise dos dados

Nesta secção da análise de dados teremos como tópicos essenciais, o que se analisou das narrações multimodais ao longo deste estudo especificando o esforço do professor e o envolvimento dos alunos na sua aprendizagem e também o esforço do professor para as práticas epistémicas, bem como as práticas epistémicas obtidas (3.4.1 e 3.4.2), análise das tarefas (3.4.2), finalmente a análise do desenvolvimento profissional (3.4.3).

Uma vez que todas as NM, de acordo com o protocolo (Lopes et al., 2014) têm a mesma estrutura, foco e características formais semelhantes, podem ser analisadas de forma similar. Assim, o que será analisado são as diferentes NM produzidas pelo professor.

A análise das NM foi orientada (Cohen et al., 2011), considerando *à priori* cinco dimensões de análise três para o envolvimento: (a) mediação do professor para envolver alunos nas tarefas; (b) envolvimento dos alunos na disciplina; (c) indicadores de produtividade dos alunos. E duas para as práticas epistémicas: "as práticas epistémicas dos estudantes (PE)" e "o esforço do professor para promover PE".

As NM foram analisadas, utilizando o *software* de análise qualitativa (NVivo 8®). A partir de cada NM identificaram-se variáveis relativas às evidências das práticas epistémicas dos alunos durante a execução da tarefa na aula (trabalho experimental e/ou o uso da SC) (tabela 9) e dos esforços do professor para induzir essas práticas epistémicas (tabela 8). Através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. A análise é feita tendo em conta como unidade de análise a interacção. Uma interacção consiste na influência reciproca de duas ou mais pessoas e que consiste que o comportamento de um dado indivíduo se torna estímulo para o outro. Assim uma interacção é constituída pelo intercâmbio de comunicação que se processa entre o professor e o aluno, ou entre alunos ou grupo turma e professor.

Após a codificação ser revista, foram refinadas as suas definições e verificadas se os excertos seleccionados das NM eram bem descritos por cada codificação. Durante este processo, cada codificação bem como a sua definição não são definitivos, algumas codificações podem ser agrupadas numa só, ou podem ser desdobradas. Cada excerto pode ser

descrito por várias codificações. Depois deste processo concluído cada codificação obtém o estatuto de variável dicotómica. Ou seja, cada excerto é caracterizado pela presença ou ausência de cada uma das variáveis dicotómicas encontradas na análise *open code*. Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes. Calcula-se o grau de acordo para cada caso. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total. Após esta fase foi feita a categorização pelo investigador. As variáveis dicotómicas determinadas pela análise *open code* estão apresentadas e definidas sucintamente nas tabelas 8 e 9.

A dinâmica de mediação num episódio NM é representada por uma sequência temporal de interacções (ver figura 4). A interacção entre professor e alunos corresponde a uma acção do professor e às PE dos alunos que ocorrem, e termina quando o professor faz outra acção para promover PE. Categorizamos acções do professor na promoção PE dos alunos, conforme apresentado na tabela 8 e acções do professor para o envolvimento dos alunos na tabela 5. Obviamente o esforço (acções) do professor pode ser bem ou mal sucedido na promoção PE dos estudantes.

Para cada episódio (começa com a apresentação de uma tarefa e termina com execução desta por parte dos alunos) foi elaborado um diagrama da dinâmica de mediação do professor e das PE dos alunos apresentado na figura 4. Para fazer o esquema de mediação do professor usamos a análise feita no Nvivo®. No diagrama (figura 4) os rectângulos correspondem aos esforços do professor e os ovais correspondem às PE dos alunos, e estão ligados por setas para indicar a interacção da sequência da dinâmica da mediação do professor.

Na figura abaixo apresenta-se uma dinâmica de interacção da mediação deste professor de um episódio de uma NM de 2012, cujas atuações do professor estão representadas por rectângulos; a aplicação de um destes esforços desencadeia as práticas epistémicas dos alunos, representadas por elipses.

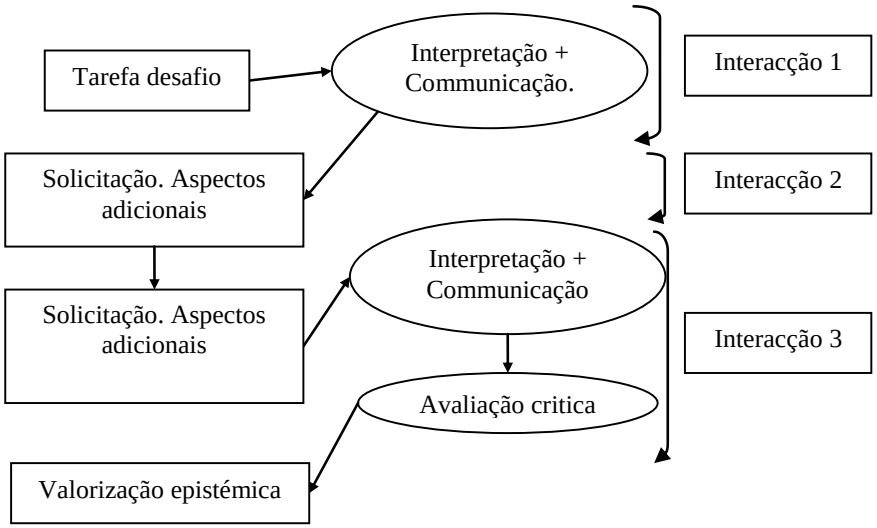


Figura 4. Diagrama da dinâmica da interacção entre o professor e os alunos de uma NM, em 2012.

Na figura 4, inicialmente temos o esforço do professor ("apresentar tarefa desafio") no lado esquerdo do diagrama na figura, temos as PE dos alunos ("interpretar, comunicar autonomamente"), que correspondem à do primeiro, oval do diagrama. Este conjunto constitui a interacção. Cada episódio tem várias interações entre professor e alunos, que correspondem ao esforço do professor e ao envolvimento e/ou às PE dos alunos até que o professor faz outro esforço. Pode haver acção do professor e não haver acções dos alunos (caso da interacção 2 na figura 4). A partir do diagrama é possível extrair vários tipos de informação, por exemplo, informações quantitativas sobre o esforço de professor, PE, envolvimento dos alunos e informações qualitativas sobre a articulação entre o esforço de professores e o envolvimento e as PE dos alunos.

Todas as variáveis dicotómicas (tabela 5, 6 e 7 (envolvimento), 8 e 9 (práticas epistémicas)) determinadas pela análise *open code*, foram usados para construir uma matriz interacções variáveis para cada implementação. Para todas as variáveis foi considerada a presença (assinalada com o valor "1, 2,…" de acordo com o número de vezes que ocorre) ou a sua ausência (marcada com o valor "0") durante a interacção.

Depois de construída, a matriz, esta é submetida à análise de *cluster* (Krippendorff, 2004) com recurso ao *software* STATISTICA (StatSoft®). Os resultados são apresentados num dendrograma (figuras 9 e 10 do capítulo 4, para o caso das PE e para o caso do envolvimento, respectivamente).

3.4.1 Esforço do professor e envolvimento dos alunos

Nesta secção descreve-se especificamente como se fez a análise das ações da mediação do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos. Consideraram-se três dimensões de análise já referidas anteriormente. As dimensões de análise das NM foram determinadas pela fundamentação teórica referida anteriormente: (a) mediação do professor para envolver alunos nas tarefas; (b) envolvimento dos alunos na disciplina; (c) indicadores de produtividade dos alunos. No entanto, as variáveis dicotómicas foram encontradas em análise *open code* (Cohen et al., 2011) em algumas e, depois de se definir todas as variáveis foram sistematicamente usadas todas as NM. No entanto este processo foi iterativo como se descreve a seguir. A análise foi feita considerando como unidade de análise a interacção em cada narração multimodal. Foram consideradas todas as variáveis dicotómicas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente e as variáveis dicotómicas sobre o envolvimento/não envolvimento e produção do aluno que ocorreram desde que uma tarefa é proposta até à sua conclusão.

As NM foram analisadas por um investigador, utilizando o *software* de análise qualitativa (NVivo 8®). A partir de cada NM identificaram-se variáveis relativas às evidências do envolvimento dos alunos durante a execução da tarefa na aula (trabalho experimental e/ou o uso da SC) e dos indicadores da produção dos alunos (tabela 6 e 7) e das características da mediação do professor para induzir esse envolvimento (tabela 5). Através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição.

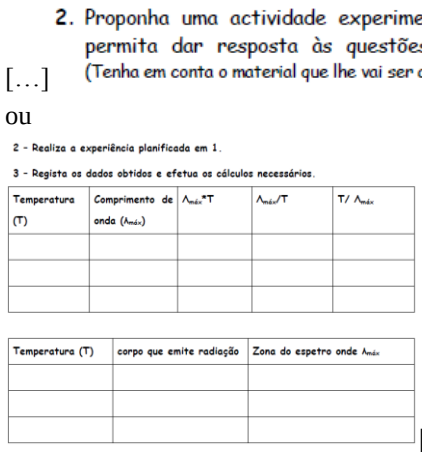
A partir de cada NM identificaram-se excertos correspondentes às evidências de envolvimento dos alunos na disciplina, das características da mediação do professor para induzir esse envolvimento, bem como dos indicadores da produção dos alunos. Através das evidências foi feita a primeira tentativa de codificação. As diferentes codificações receberam uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. Depois de revista a codificação, usando todas as NM, foram refinadas as suas definições e verificadas se os excertos selecionados eram bem descritos por cada codificação. Durante este processo cada codificação bem como a sua definição não são definitivos, algumas codificações podem ser agrupadas numa só, ou podem ser desdobradas. Cada excerto pode ser categorizado por várias codificações. Depois deste processo concluído cada codificação obtém o estatuto de variável dicotómica. Ou seja, cada excerto é caracterizado pela presença ou ausência de cada uma das

variáveis dicotómicas encontradas na análise *open code*. Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes, sendo um deles o professor-investigador. O grau de acordo foi de 75 %. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total.

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

As tabelas 5, 6 e 7 apresentam definições e exemplos das variáveis dicotómicas classificadas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente, sobre o envolvimento/não envolvimento, sobre a produção do aluno respectivamente.

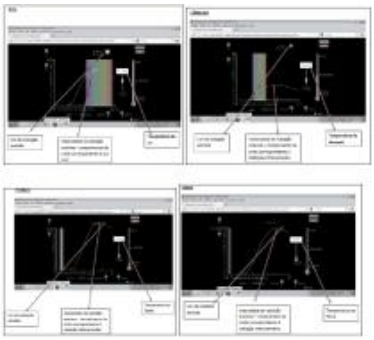
Tabela 5. Variáveis dicotómicas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente, breve definição e exemplos

Variáveis dicotómicas	**Definições**	**Exemplos**
Tornar presente informação anterior	Envolver os alunos ajudando-os a tornar presente informação trabalhada em momentos anteriores.	[…] Perguntei aos alunos o que já viram acerca das comunicações a longas distâncias. **(A)** – Estudamos as ondas sonoras. **(P)** – E o que vimos sobre isso? **(A)** – vimos o que eram ondas mecânicas que são … **(P)** – E mais? O que vimos mais? As ondas electromagnéticas? **(A)** – As ondas electromagnéticas propagam-se em qualquer meio. **(P)** – O que aprendemos mais? **(A)** – O que são ondas transversais. **(P)** – E o que são?
Colocar tarefa como desafio	Colocar tarefa tendencialmente autêntica ou contextualizada com relevância para os alunos.	[…]  ou […]
Reformular a tarefa	Solicitar aspetos que não foram totalmente revelados desde o início da tarefa.	[…] A professora traçou riscos verticais no quadro de forma a dividir o espaço para os cinco grupos registarem os seus resultados. […]
Coloca tarefa subsidiária	Colocar tarefa para dar auxílio à tarefa desafio.	[…] Professora - Vão agora analisar os resultados e em particular as variações entre um dado grupo e entre os grupos. Que variáveis é que estão em estudo?[…]

Envolver os alunos na tarefa	Assegurar que os alunos compreendam a tarefa e que se envolvem na sua execução.	[…]Professora : Então vamos fazer essa experiência. Tenho aí dois rádios, alguém vai ligar os rádios e alguém vai lá fora falar para o microfone, tem de ser alto para se ouvir cá dentro (…) Cá está o modelador. E um microfonezinho pequeno. No nosso telefone temos que ter um modelador e um desmodelador (…) Passei a explicar o funcionamento do modelador e do desmodelador, recorrendo ao exemplo do telefone por ser um aparelho muito utilizado no dia-a-dia dos alunos e como tal conseguissem entender mais facilmente a minha explicação. P: Eu pedi alguém de electrónica que me fizesse uma coisinha destas. Agora eu pedia a alguém que ligasse aí o rádio. Quem quer ir lá fora?! Pode ser aqui perto da Sara. Não me andem aí a mudar a frequência no rádio! (…) P: Então, quem quer ir lá fora? A Mafalda e a Ana levantam-se para irem lá fora. […]
Manter a tarefa como desafio	Conservar as características iniciais da tarefa, mesmo havendo interações com os alunos.	[…] Professora – Este grupo não fez muito bem o procedimento, mas fizeram bem a simulação e tiveram bons resultados. – diz a professora referindo-se ao grupo 3. […]
Não manter a tarefa como desafio	Não conservar as características iniciais da tarefa, quando interage com os alunos.	[…]Noutros grupos a prof. também teve necessidade de actuar no sentido de mexer nos botões (+) e (–) de modo a que estes vissem como funcionavam esses botões e para que serviam permitindo que se visualiza-se a curva do gráfico. […]
Incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas	Encorajar, dar feedback positivo, elogiar e garantir que os alunos executem as tarefas propostas.	[…] Professora – Aquele grupo já tem bons resultados, falta-lhes agora interpretar esses resultados. – diz a professora em tom alto para toda a turma, de modo a estimular os alunos dos outros grupos a terminar a tarefa. […]
Monitorizar o envolvimento	Estar atento a indicadores de não envolvimento ou de envolvimento não produtivo dos alunos.	[…] Professora – Ó Daniel só te ouço a ti e às tuas macacadas, o que se passa aí, quais são as tuas dúvidas? […]
Corrigir o envolvimento	Estimular a curiosidade dos alunos, disponibilizar recursos, solicitar diretamente o seu envolvimento ou corrigir o seu envolvimento face a indicadores de não envolvimento dos alunos na tarefa.	[…] A professora chamou à atenção do Filipe e do Miguel que estavam nos jogos disponíveis no computador em vez de usarem a simulação. […]
Dar informação sobre a tarefa	Dar informações ou indicações sobre o uso da tarefa	[…] então a professora sugeria uma atuação para poderem ver a dita curva. Ou chamava a atenção para todos os botões da simulação para que com isso os alunos pudessem visualizar de novo a curva quando necessário. […]
Dar autoridade aos alunos	Permitir que os alunos tenham autonomia, tomem iniciativas e controlem a execução das tarefas.	[…] Os alunos continuavam a trabalhar autonomamente e a professora ia circulando pela sala verificando o que os alunos estavam a fazer. […]

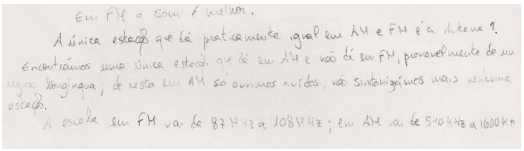
Retirar a autoridade aos alunos	Dar pistas ou envolver-se na execução da tarefa retirando a oportunidade aos alunos de serem autónomos na execução da tarefa.	[…] Então a professora sugeria uma atuação para poderem ver a dita curva. Ou chamava a atenção para todos os botões da simulação para que com isso os alunos pudessem visualizar de novo a curva quando necessário.
Disponibilizar recursos	Disponibilizar recursos para que os alunos possam trabalhar de forma autónoma.	[…] A professora entregou os computadores pelos diferentes grupos de trabalho e auxiliou na ligação das fichas. Professora – Vou então entregar a ficha experimental que fizeram na aula anterior, que levei para casa e os computadores para fazerem a simulação, não quero que se estrague nada. […]
Permitir ou Incentivar a problematização	Permitir ou incentivar a problematização de situações físicas, formulação de questões, entre outras.	[…] Rita – Fazemos três dos materiais, ou os quatro? – questionou a aluna. Professora – Pode ser, nem me lembrei que tinha quatro materiais, […]

Tabela 6. Variáveis dicotómicas sobre o envolvimento/não envolvimento, breve definição e exemplos

Variáveis dicotómicas	**Definições**	**Exemplos**
Envolvimento emocional	Mostrar sinais emocionais de envolvimento, e.g., entusiasmo, persistência na execução da tarefa, etc.	[…] Professora - Quem quer vir agora?! Catarina quer vir fazer agora?! A Catarina levanta-se entusiasmada. […]
Iniciativas dos alunos	Tomar a iniciativa das suas ações como por exemplo, questionando, fazendo ou propondo algo, etc.	[…] Houve grupos que decidiram registar mais uma linha no quadro dos resultados, pois na simulação poderiam obter dados de quatro corpos diferentes e sentiram que os deveriam fazer todos em vez de só três. […]
Envolvimento na execução da tarefa	Envolver-se na tarefa através de diálogo, do registo de informação, visualização de imagens, realização de atividade recorrendo ao uso da SC, etc.	[…] A Rita disse que sim e mostrou os *print screens* do seu grupo.  **Figura 9: *Print screens* do Grupo 4** […]
Não envolvimento dos alunos	Mostrar sinais de não estarem mobilizados na execução da tarefa, e.g., distraídos, conversarem com os colegas, não estarem a entender o que se pretende, ou porque já realizaram a tarefa, etc.	[…] Professora – Ó Daniel só te ouço a ti e às tuas macacadas, o que se passa aí, quais são as tuas dúvidas? […]

Nota: na coluna dos exemplos o n.º das figuras corresponde ao n.º apresentado nas narrações multimodais**.**

Tabela 7. Variáveis dicotómicas sobre a produção do aluno, breve definição e exemplos

Variáveis dicotómicas	Definições	Exemplos
Escrita	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma escrita, como por exemplo, execução de cálculos, textos, diagramas, descrições, etc.	[…] (A) grupo 1 – Também concluímos o mesmo mas comparámos uma estação em AM e FM, em AM era pior em FM, mas noutra estação só se apanhou AM e noutras apanhava-se FM e AM mas em AM eram só ruídos.  **Figura 6: Resposta dada na ficha experimental pelos alunos do grupo 1**
Oral	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma oral, como por exemplo, o aluno coloca questões, hipóteses, argumenta, faz comentários, etc.	[…] O João explicou bem os resultados obtidos e mostrou que os conhecimentos estavam consistentes, dizendo que o λ vezes T dá sempre o mesmo valor que é 3x108 metro vezes kelvin e que corresponde ao valor de B, que segundo o deslocamento de Wien se verifica isso. […]
Atos/ Manuseamento	O produto da tarefa é algo observável numa forma não verbal tal como manusear a SC, escolher os modos de operar a SC, etc.	[…] O Bernardo estava a conversar com os colegas de grupo e a pedir para colocarem a imagem da 1ª opção e verificaram que não se viu nada de efeito fotelétrico. […]

Nota: na coluna dos exemplos o n.º das figuras corresponde ao n.º apresentado nas narrações multimodais

3.4.2 Esforço do Professor e as Práticas Epistémicas

A partir de cada NM identificaram-se variáveis relativas às evidências das práticas epistémicas dos alunos durante a execução da tarefa na aula (trabalho experimental e/ou o uso da SC) (tabela 9) e dos esforços do professor para induzir essas práticas epistémicas (tabela 8) usando-se o *software* de análise qualitativa (NVivo 8®). Através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. A unidade de análise considerada foi a interacção já anteriormente definida.

Após a codificação ser revista, foram refinadas as suas definições e verificadas se os excertos seleccionados das NM eram bem descritos por cada codificação. Durante este processo, cada codificação bem como a sua definição não são definitivos, algumas codificações podem ser agrupadas numa só, ou podem ser desdobradas. Cada excerto pode ser

descrito por várias codificações. Depois deste processo concluído cada codificação obtém o estatuto de variável dicotómica. Ou seja, cada excerto é caracterizado pela presença ou ausência de cada uma das variáveis dicotómicas encontradas na análise *open code*. Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes. O grau de acordo foi de 84%. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total. Após esta fase foi feita a categorização pelo investigador, que correspondeu a reanalisar as NM usando as variáveis dicotómicas. As variáveis dicotómicas determinadas pela análise *open code* estão apresentadas e definidas sucintamente nas tabelas 8 e 9.

Nas tabelas 8 e 9 são apresentadas as variáveis dicotómicas sobre esforço do professor para que haja práticas epistémicas por parte dos alunos e sobre as PE dos alunos através de uma breve definição de excertos retirados das NM analisadas. Assim na tabela 8 apresenta-se das variáveis dos esforços efectuados pelo professor para produzir PE nos alunos, a sua definição e exemplos das narrações para cada caso.

Tabela 8. Esforços do professor para promover PE – Emergência de categorias

Pratica epistémica dos alunos	**Definição de cada variável**	**Exemplos**
Apresentar Tarefa Desafio	O professor coloca tarefas sobre a forma de desafio.	[…] **Professora** – Então agora para testarmos estas nossas respostas, vamos propor uma actividade para verificar a existência desses fenómenos, vou entregar a segunda folha para vocês registarem aí. Ora bem, então o que diz aqui na segunda folha? […] **1ª NM - 2008**
Sintetizar	O professor retoma práticas epistémicas dos alunos reforçando a compreensão através de uma síntese ou dando informação adicional.	[…] Resumi o que estava escrito no quadro abordando os pontos essenciais, ou seja porque se usam mais sinais digitais e quais as características fundamentais destes e dos analógicos. […] **4ª NM – 2006**
Solicitar aspectos adicionais	O professor solicita aos alunos aspectos adicionais às suas respostas, de forma a clarificar a prática epistémica dos alunos.	[…] **Professora –** Porque é que o Sol é amarelo? Se calhar tenho esse problema para vos colocar. […] **1ª NM -2012**
Introduzir representação visual	O professor introduz uma representação visual (e.g.,	[…] Com as opiniões dos diversos alunos construí no quadro uma tabela do género:

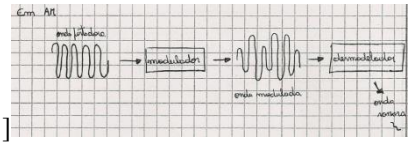
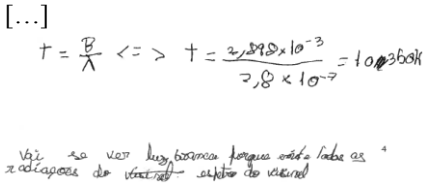
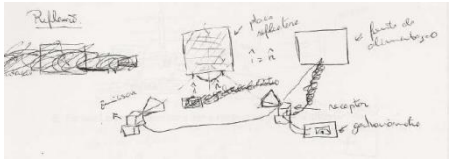
	equação, tabela, …) que os alunos podem trabalhar permitindo o seu uso, melhorando a compreensão dos alunos.	<table><tr><th>Placas</th><th>Ângulo de incidência</th><th>Ângulo de reflexão</th><th>Difracção</th><th>Absorção</th><th>Transmissão</th></tr><tr><td>metálica</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>preta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>pano</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> **1ª NM - 2008**
Usar representação visual	O professor usa, ou mostra como se usa representação visual para melhorar a compreensão dos alunos.	[…] **Professora** – Ora bem, pronto… como vêem, havia dois processos, dois métodos diferentes, um turno fez de uma maneira, tiraram esta medida aqui, esta aqui e esta e… acharam este ângulo I e este ângulo L, pelo que? Pelo seno ou pelo co-seno, como tinham os valores dos dois lados, obtêm pela máquina, certo? […] – indica a professora enquanto indica no esquema apresentado pelos alunos. […] **3ª NM - 2008**
Introduzir artefacto	O professor introduz um artefacto (e.g., representação gráfica, simulação computacional,…) que os alunos podem trabalhar permitindo a sua manipulação, melhorando a compreensão dos alunos.	[…] **Professora** – Podem usar a simulação e verificarem o seu funcionamento para procederem ao procedimento experimental. A professora ajudou os alunos a estabelecer alguma ligação com os diferentes cabos para que não houvesse problemas com os computadores e consequentemente com o uso da simulação. […] **1ª NM - 2012**
Usar artefacto	O professor usa, ou mostra como se usa o mediador manipulável para melhorar a compreensão dos alunos.	[…] Noutros grupos a professora teve necessidade de usar a simulação, mexendo nos botões (+) e (–) de modo a que os alunos vissem como funcionavam esses botões e para que serviam permitindo que se visualiza-se a curva do gráfico. […] **2ª NM - 2012**
Estender	O professor solicita aspectos adicionais às respostas dos alunos para ampliar ou considerar novas perspectivas na abordagem da tarefa.	[…] **Professora** – Se vocês tiverem um rádio velhinho em casa podem abri-lo e ver lá os altifalantes – sugeri eu. […] **2ª NM - 2006**

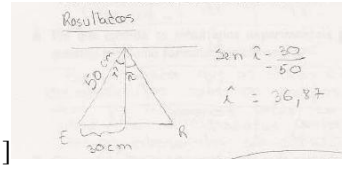
Valorizar epistemicamente	O professor aproveita ideias, esquemas, ou acções dos alunos reconhecendo-lhe o valor epistémico (por ex.: hipótese, conclusão, previsão, etc.).	[…] **Professora** – "A Catarina explicou o que acontece apenas dentro da fibra ótica. É isso? É? A Mafalda apresentou-nos uma visão global, não é?" [...] **3ª NM - 2006**
Explicitar epistemicamente	O professor explicita o estatuto epistémico do trabalho feito ou em curso (ex.: observação, argumentação, comunicação, etc.).	[…] **Professora** - Falta aí uma coisinha mínima que deveriam ter observado na simulação. – a professora não acrescentou o que faltava para ver se os alunos conseguiam chegar à resposta sozinhos. **Professora** – O resto, ainda não responderam? Quase todos os alunos responderam em voz alta que sim. A professora referiu que o grupo do João Pinto foi o que teve a resposta completa, mencionado a visualização do deslocamento da curva de radiação máxima da direita para a esquerda, dirigindo-se para o U.V. […] **3ª NM - 2012**
Curto-circuito da tarefa	O professor coloca uma tarefa com potencial para desenvolver uma PE, no entanto os alunos não têm oportunidade para executar ou os alunos são convidados a realizar os aspectos mecânicos da tarefa.	[…] **Professora** – O que eu quero agora é a diferença entre o sinal analógico e o sinal digital - afirmei eu. **Professora** – Ouviram, o sinal analógico é (…) e o sinal digital é uma forma descontinuada (…). […] **3ª NM - 2006**
Ignorar epistemicamente	O professor não aproveita ideias, questões ou iniciativas dos alunos para promover práticas epistémicas.	[…] **Professora** – pano não chegou a aquecer, mas deveria ter aquecido não é verdade? Não houve tempo suficiente para isso acontecer, certo? […] **2ª NM - 2008**

Na tabela 9 apresentam-se as variáveis relativas às práticas epistémicas dos alunos identificados nas NM, a sua definição e exemplos das narrações para cada caso.

Tabela 9. Práticas Epistémicas (PE) – Emergência de categorias

Pratica epistémica dos alunos	**Definição de cada variável**	**Exemplos**
Observar	Os alunos de *per se* ou orientado pelo professor, observam e descrevem imagens, esquemas, montagens experimentais, etc.	[…] Na absorção com o pano, há um aluno que refere que o pano absorve tudo. Outro sugere que colocasse mais doze voltes, há uma aluna que diz "o pano está quente" e chama a atenção para não mexerem. […] **2ª NM - 2008**
Interpretar	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, interpretam imagens, esquemas, diagramas, objetos, resultados experimentais, etc, usando o conhecimento científico.	[…] O aluno explica o esquema que desenho na ficha, dizendo medindo os lados do triângulo formado pelo emissor, receptor e obstáculo podem saber o ângulo de incidência e o de reflexão. […] **2ª NM -2008**
Apresentar ideia mobilizadora	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, mobilizam conhecimento prévio para adiantar um possível caminho para resolver o problema	[…] Aluna - Na 1 é com o comprimento de onda calcular a temperatura ao qual ocorre e na 2 é com a temperatura calcular o comprimento de onda. […] **1ª NM - 2012**
Identificar condições empíricas	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, reconhecem ou referem as condições da situação física em que o fenómeno(s) ocorre.	[…] Aluno – Também concluímos o mesmo mas comparámos uma estação em AM e FM, em AM era pior em FM, mas noutra estação só se apanhou AM e noutras apanhava-se FM e AM mas em AM eram só ruídos. […] **1ª NM - 2006**
Manusear factualmente	Os alunos manipulam equipamento seguindo instruções do professor, ou tentativamente sem serem guiados pelo conhecimento.	[…] Os alunos estavam a fazer várias tentativas de colocação do material. […] **1ª NM - 2008**
Questionar factualmente	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, questionam para clarificar termos, observações ou aspetos relacionados com as condições empíricas do fenómeno.	[…] Aluna - Professora o que é o modelador? […] **2ª NM - 2006**
Organizar informação	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, procuram informação, registam, classificam ou organizam a recolha dos dados	[…] Continuei de carteira em carteira a perguntar se já registaram alguma coisa. Verifiquei que alguns alunos associaram um esquema do livro acerca da comunicação em fibra óptica com o esquema feito anteriormente na questão 5 do protocolo, tentando dar resposta à questão 7. […] **2ª NM - 2006**
Estabelecer relações	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, estabelecem relações entre dados, variáveis e/ou conceitos em diferentes situações.	[…] Aluna – O produto de λ vezes T dá uma constante para todas as hipóteses e para todos os grupos. […] **3ª NM - 2012**
Questionar conceptualmente	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, formulam questões e problemas baseados em	[…] Aluna – Porque é que um sinal digital é usado para enviar dados secretos na Internet e o analógico? […]

	conhecimento para obterem novas compreensões do fenómeno, conceitos, modelos.	**4ª NM - 2006**
Conceptualizar	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, fazem a representação simbólica do fenómeno.	 […] **Esquema efectuado pelo aluno** […] **2ª NM – 2006**
Manusear conceptualmente	Os alunos de *per se* manuseiam equipamento guiados pelo seu conhecimento.	[…] Aluno – Pomos o cursor na terra e visualizamos isto e isto - mostrou o João a sua actuação na simulação. […] **1ª NM - 2012**
Comunicar não autonomamente	Os alunos apresentam as suas ideias, ou resultados, fortemente relacionados com as sugestões ou solicitações do professor.	[…] Aluno – Porque é que a pessoa é um corpo negro? […] **1ª NM - 2012**
Avaliar criticamente	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, analisam e argumentam, fazendo avaliação critica de hipóteses, recursos, resultados, uso de linguagem, etc.	[…] Aluna – Acho a do grupo 1, porque explica melhor os processos de como a informação é transmitida. Professora – E porquê é que a do grupo 2 não explica? Aluna – Eu fiquei a perceber melhor. Professora – E porque é que ficou a perceber melhor a do grupo 1? Conte lá. Aluna – Explica mesmo o processo todo. Só explica dentro da fibra óptica, não fala de modulação e desmodulação. […] **3ª NM - 2006**
Validar	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, validam a construção de conhecimento através: teste experimental; teste conceptual; discussão entre pares e o professor.	[…] Aluno – Basta colocar o receptor do outro lado e se houver transmissão marca, senão não faz nada. Professora – … e o outro recebe em linha recta! […] **NM - 2008**
Fazer previsões	Os alunos fazem uma declaração sobre possíveis resultados experimentais ou teóricos tendo em conta a explicação de parâmetros e condições em que o raciocínio assenta.	[…]  […] **3ª NM - 2012**
Formular hipótese	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, fazem uma declaração baseada em conhecimento prévio para guiar o trabalho epistémico.	 **1ª NM - 2008**
Comunicar autonomamente	Os alunos de *per se*, ou orientados pelo professor, apresentam as suas ideias, resultados, ou conclusões sobre o seu trabalho epistémico.	[…] A aluna foi ao quadro registar o esquema de actuação relativamente aos ângulos entre o emissor e o receptor […] **1ª NM - 2008**

Usar artefacto	Os alunos usam, ou mostram como usar, o artefacto para melhorar a sua compreensão.	[…] A professora verifica que os alunos estavam a trabalhar com a simulação… […] **1ª NM - 2012**
Introduzir representação	Os alunos introduzem uma representação com que eles podem trabalhar (e.g. equação, imagem, tabela, …) através da sua manipulação, melhorando a sua compreensão.	[…]  **Esquema efectuado pela aluna no quadro**[…] **2ª NM - 2008**
Usar representação	Os alunos usam, ou mostram como usar, a represenatção para melhorar a sua compreensão.	[…]Fui discutindo com os alunos o que está no livro em relação à conversão de sinais. Aluna 1 – No manual temos o gráfico do sinal analógico e o gráfico do sinal digital e parecem ser muito diferentes para se converterem um no outro. Aluna 2 – Mas aqui mais à frente diz que é possível converter um sinal analógico num digital e vice-versa. […] **4ª NM – 2006**

3.4.3 Análise das tarefas

Fez-se uma análise comparativa entre as tarefas apresentadas em 2006, 2008 e 2012 para se verificar se houve ou não evolução na concepção e na aplicação da tarefa aos alunos. Para isso criaram-se dimensões, categorias de análise, bem como a sua definição, com base em Lopes (2004) conforme consta na tabela 10 e cujos resultados se apresentam no capítulo 5.

As dimensões de análise derivam da revisão da literatura nomeadamente, (Denzin & Lincoln, 1998; Rubin & Rubin, 2005; Lopes 2004) e as categorias de análise operacionalizam as dimensões de análise e derivam também da revisão da literatura (Denzin & Lincoln, 1998; Rubin & Rubin, 2005; Lopes 2004 e Lopes et al., 2008a). Através dessas evidências foi feita a primeira tentativa de codificação. As diferentes codificações receberam uma designação sucinta, bem como a respetiva definição.

Tabela 10. Subdimensão, categoria na tarefa, breve definição

Sub-dimensão	Categoria	Definição
Situação Física e seu contexto	Real (R)	A situação física apresentada representa um fenómeno que acontece/aconteceu
Informação fornecida	Descreve pormenorizadamente/ Apresenta a situação (SF)	A informação dada inclui a situação física e esta é descrita com o pormenor suficiente para a sua interpretação
Dificuldade conceptual	Mobiliza muitos conceitos (MC)	Permite e incita a que o aluno tenha que mobilizar muitos conceitos
	Exige manipulação de formalismos matemáticos (FM)	É exigido aos alunos que usem formalismos matemáticos
	Cadeia longa de raciocínio (CLR)	Contém grande quantidade de raciocínios sequenciados
Trabalho solicitado	Formulação clara (FC)	A questão em causa está formulada com a clareza necessária para que o aluno a entenda de imediato
	Orientação (O)	Na é dado ao aluno a orientação/seguimento do seu raciocínio.
Tipo solicitação epistémica	solicitação epistémica, tipo 1	A questão contém solicitação de trabalho para o aluno quando este toma uma situação problema e, na tentativa de a solucionar, reúne informação, aplica conhecimentos anteriores ou reproduz os que o professor lhe transmitiu,
	solicitação epistémica, tipo 2	A questão contém solicitação de trabalho para o aluno quando este toma uma situação problema e, na tentativa de a solucionar, observa, interpreta, comunica por exemplo. (em que a sua actividade intelectual vai um pouco além das informações do professor.
	solicitação epistémica, tipo 3	A questão contém solicitação de trabalho para o aluno quando este toma uma situação problema e, na tentativa de a solucionar, argumentam, formulam e testam hipóteses, estabelecem relações, avalia criticamente (a sua actividade intelectual vai muito além do que observa das informações recolhidas e do que analisa.

Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes, sendo um deles o professor-investigador, tal como para o caso das PE e do envolvimento nas narrações. O grau de acordo foi de 70 %. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total. Após esta fase foi feita a categorização pelos investigadores, que correspondeu a reanalisar todas as tarefas desenhadas e aplicadas usando as variáveis dicotómicas como se apresenta na tabela anterior.

3.4.4 Análise sobre desenvolvimento profissional

Nesta secção, elucida-se em que medida a percepção e reflexão do professor investigador influenciou algumas medidas alternativas para os anos seguintes a nível do desenho das tarefas e da mediação. Assim, analisou-se todos os documentos de ensino por ordem cronológica tentando inferir a história das modificações na mediação provocadas directamente pelos vários aspectos de desenvolvimento profissional já referido na secção 3.2.2.

Consideraram-se também os dados e a reflexão que foi ajudando a compreender a importância não apenas das modificações ao currículo através das modificações iterativas sequenciais ao longo da intervenção didáctica e também as modificações na formulação e apresentação de tarefas em concreto.

Esta análise teve em consideração os diferentes ciclos de investigação – acção em particular as diferentes fases por que é constituído (Cohen et al, 2011).

Sendo assim esta análise foi de natureza macro e meso centrado nas modificações curriculares e nas modificações às tarefas e mediação planeada, fundamentadas na reflexão sobre a prática de ensino. Teve em conta a análise da mediação em acção, ao longo do tempo tanto para promover envolvimento produtivo como PE dos alunos.

Assim, tenciona-se identificar aspectos do desenvolvimento profissional que possam influenciar a melhoria das práticas de ensino (cf. 3ª QI).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados da análise: (a) práticas de ensino; (b) traços de práticas de ensino que se alteram; (c) práticas epistémicas; (d) envolvimento, de forma a responder às questões de investigação seguintes:

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

Para responder à primeira questão de investigação foram analisadas as práticas de ensino e a sua influência no envolvimento produtivo e nas PE dos alunos. Usando-se as variáveis de cinco dimensões referidas nas secções 3.4.1.1 e 3.4.1.2 bem como as tarefas (variáveis apresentadas na secção 3.4.2 nas 3 implementações). Para responder à questão 2 comparou-se a partir dos resultados anteriores as características das práticas da mediação nas 3 implementações para se identificar o que mudou. Para responder à questão 3 utilizou-se os dados e análise apresentado na secção 3.4.3.

4.1 Quais são as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

Foram analisados dois aspectos: (a) o esforço realizado pelo professor a nível das modificações curriculares incrementais, através da análise do desenho das tarefas em particular no trabalho experimental, e do desenho da mediação do professor em sala de aula, e sua articulação com as competências a desenvolver; (b) aprendizagem dos alunos face a esses esforços, em termos de envolvimento dos alunos e as suas práticas epistémicas. Com esta análise pretende-se responder à questão de investigação 1, que dá titulo a esta secção.

4.1.1 Características da mediação do professor relevantes para envolverem produtivamente os alunos no contexto do trabalho experimental

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

Tabela 11. Frequência e indicadores de qualidade do envolvimento dos alunos e da sua produção (por aula de 90 minutos)

Frequência e indicadores		2006	2008	2012
Envolvimento dos alunos	Indicador do envolvimento na execução da tarefa	8.8	13.1	15.8
	Frequência de iniciativa do aluno por aula	2.3	2.3	5.1
	Frequência de não envolvimento	3.5	3.1	5.7
Produção realizada pelos alunos	Indicador na produção escrita	13.8	18.5	24.2
	Indicador na produção oral	15.7	21.0	26.3
	Frequência de manuseamento por aula	0.3	2.6	6.9

Da análise da tabela 11 resulta que de 2006 para 2008 os alunos envolveram-se mais nas tarefas, assim como de 2008 para 2012, o que teve como consequência melhores indicadores de produtividade traduzida em mais manuseamento por aula e mais produção

escrita e produção oral por aula. A iniciativa dos alunos é similar nos dois primeiros anos do estudo, no entanto melhorou significativamente em 2012.

Estes diferentes resultados do envolvimento dos alunos nas atividades experimentais devem-se pelo menos em parte, como veremos ao esforço do professor se ter alterado, e também ao desenho e tipo da tarefa que foi alterado de 2006 para 2008 e para 2012.

A tarefa experimental proposta em 2008, devido às suas características, permite uma maior autonomia e controlo ao aluno, pois solicita a sua resposta ao problema proposto, o procedimento e a execução experimental, bem como o tratamento de dados e a elaboração das conclusões da respetiva atividade. Em 2012, os alunos conseguiram executar a actividade quase sózinhos. Só houve um acompanhamento e esclarecimento por parte do professor em caso de necessidade. Por isso é fácil de ver e admitir que em 2012 tiveram quase total autonomia e controlo sobre a situação.

É de todo importante verificar quais as características dos esforços do professor e monitorização da tarefa, que influenciaram o envolvimento do aluno e como estas características se foram alterando ao longo do tempo com o desenvolvimento profissional deste professor.

A mediação do professor também foi diferente, não só nos esforços para envolver os alunos, mas também no modo como monitorizou a execução da tarefa em causa. A monitorização da tarefa e esforço para envolver os alunos alterou-se de 2006 para 2008 e de 2008 para 2012, como se pode constatar pelos resultados de análise apresentados na figura 5. Em particular em 2008 verifica-se um aumento dos esforços “manter a tarefa como desafio” e dar autoridade aos alunos. No entanto, é notória a diferença em 2012 no que diz respeito a manter a tarefa como desafio, dar autoridade aos alunos, incentivar a problematização e incentivar o envolvimento na tarefa. Não foi detetado em nenhum dos anos a existência de ações do professor que tivessem uma influência negativa no envolvimento dos alunos.

Analisando de forma mais detalhada a figura 5 verifica-se que o professor em 2008 não faz tantas ações para incentivar, corrigir e monitorizar o envolvimento dos alunos, mas em 2012 verifica-se um aumento significativo destas acões, que provavelmente se deve à natureza da tarefa “simulação” e ao grau de liberdade na atuação que foi dada aos alunos para a execução da tarefa. Todavia, deliberadamente tem mais ações para manter a tarefa como desafio, incentivar o envolvimento, incentivar a problematização e dar mais autoridade aos alunos.

4.1.1.1 Caracteristicas dos esforços do professor para envolver os alunos produtivamente.

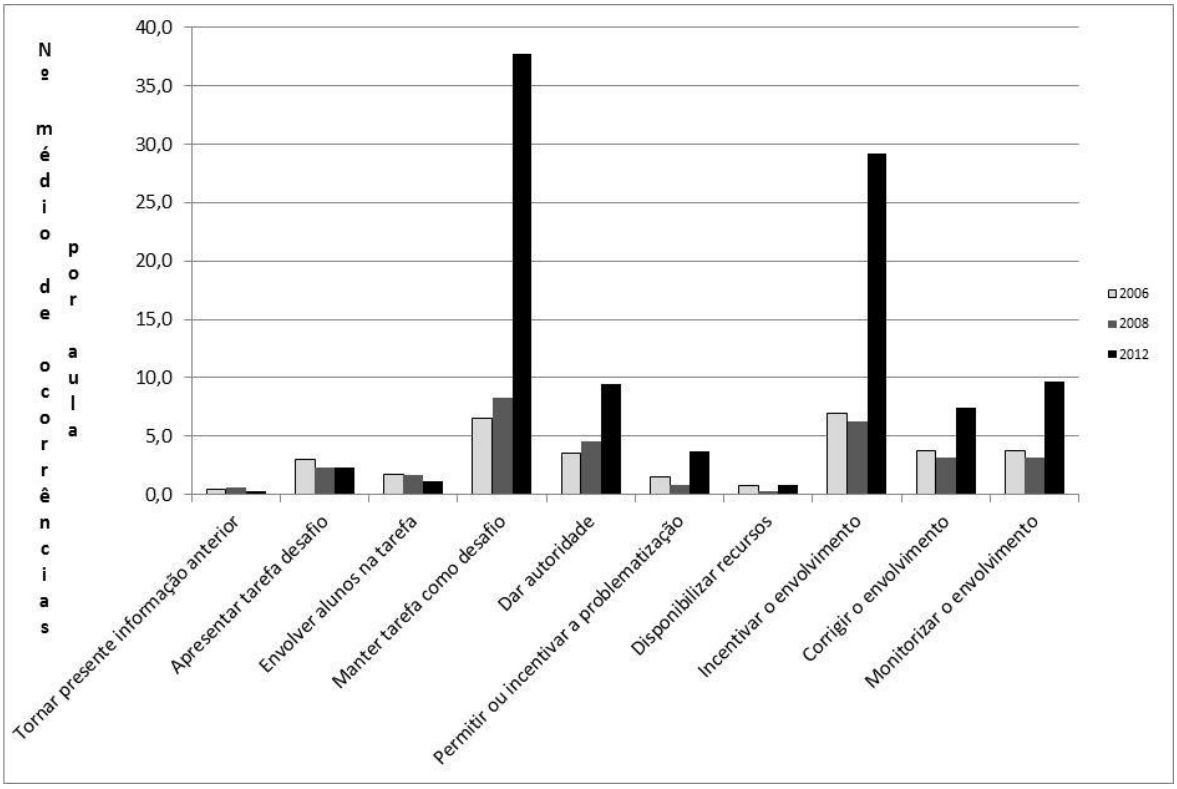


Figura 5. Média de ocorrência por aula das características do esforço do professor para envolver produtivamente os alunos nos anos de 2006, 2008 e 2012

Como vimos anteriormente, o número de tarefas subsidiárias por aula diminuiu de 2006 para 2008 e manteve-se de 2008 para 2012. Assim, dando maior autonomia aos alunos (menos tarefas subsidiárias, ou seja trabalho dos alunos com menos orientações do professor) e mantendo as tarefas como desafios ao mesmo tempo que se dá autoridade aos alunos (figura 5): (a) favorece-se um maior envolvimento dos alunos na execução da tarefa (ver tabela 11); (b) diminuiu o não envolvimento dos alunos (tabela 11); (c) aumenta a produtividade dos alunos (tabela 11).

Desta análise verificou-se que, de um modo geral, a produtividade dos alunos está relacionada com o seu envolvimento na disciplina (tabela 11). Dar maior autonomia aos alunos depende desde logo da conceção da tarefa. Toda a mediação é condicionada pela tarefa e o modo como é colocada. Por exemplo, comparando-se os excertos da análise de uma NM de 2006 (figura 6) com a análise de uma NM de 2008 (figura 7) e com a análise de uma NM de 2012 (figura 8), verifica-se que o professor em 2006 tem de investir mais no envolvimento

dos alunos na tarefa que em 2008 para "compensar" a sua menor qualidade (ver análise da tarefa acima). Além disso, em 2006 o esforço do professor é para desencadear o envolvimento dos alunos e em 2008, assim como em 2012 o esforço do professor é para potenciar o envolvimento dos alunos e não para o desencadear. Esta diferença deve-se essencialmente ao modo como está concebida a tarefa.

Como já se verificou um dos esforços deste professor para envolver os alunos produtivamente é apresentar a tarefa como desafio e fundamentalmente mantê-la como desafio. Então é de todo pertinente o levantamento e a apresentação de diversas formas, que este professor usou nos três anos de intervenção, 2006, 2008 e 2012.

Na tabela 12 faz-se uma identificação sistemática relativamente às NM de 2006, 2008 e 2012 das ações do professor para manter a tarefa como desafio.

Tabela 12. Análise das formas do professor manter a tarefa como desafio em excertos significativos das NM de 2006, 2008 e 2012

Alguns excertos dos 17 identificados	**Forma do professor manter a tarefa como desafio**
Excerto 2 da 1ª aula 2006 - 3ª Tarefa: Professor - "Agora, eu peço a alguém para ligar o rádio. Quem quer ir para fora com o circuito modulador? Pode ser aqui perto, Sara. Não mudem a frequência do rádio! Então, quem quer ir para fora? Maria e Ana levantaram-se para ir lá para fora.	[A]
Excerto 1 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: Apenas vou ouvindo e incentivando a responderem por si próprios sugerindo que consultem o manual e discutam com os colegas do lado.	[A]
Excerto 1 da 1ª aula 2006 - 1ª Tarefa: Professor - Quero que formulem uma hipótese e depois de a discutirmos passamos à sua verificação com o rádio. – Têm 5 minutos para escrever a hipótese. aluno – Podemos consultar o livro?, professor- Podem.	[B]
Excerto 2 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: Agora leia o que escreveu e pense um bocadinho… olhe que não o ouço! Porque temos várias antenas em determinadas zonas? Porque temos várias ao longo do caminho?	[B]
Excerto 2 da 2ª aula 20012 - (P) Vamos acabar a simulação e acabar de tirar os dados todos, ou já tiraram os dados todos? (A) Não, ainda não tiramos. (P) Vou então entregar a ficha experimental que fizeram nas aulas anteriores e que levei para casa. E vou também entregar os computadores para terminarem a simulação.	[A]
Excerto 3 da 1ª aula 2008 - 1ª Tarefa: É? Vamos lá ver, que ideias há aqui sobre antenas? Vamos lá tirar as ideias importantes, porque como viram as respostas não são todas iguais. E aqui a ala da esquerda respondeu mais completo ou menos que a da direita?	[B]
Excerto 2 da 2ª aula 2012 - 1ª Tarefa: (P) Agora vão analisar as variações e comparar de novo os resultados dos diferentes grupos e a variação das duas grandezas em questão. Os alunos refletem de novo nos resultados e tiram as relações devidas entre eles.	[B]

Excerto 5 da 1ª aula 2008 - 2ª Tarefa: Professora: Vamos clarificar bem a diferença entre absorção e a transmissão… quem e que quer ajudar aí o Rui Ramos?	[B]
Excerto 5 da 1ª aula 2012 (P) Vão agora analisar os resultados e em particular as variações entre um dado grupo e entre os grupos. Que variáveis é que estão em estudo? O λ e a temperatura. (P) Quem me quer dizer como varia o λ com a T? (A) O francisco Conceição respondeu que variam inversamente uma com a outra, quando o λ aumenta a temperatura diminui.	[B]
Excerto 6 da 1ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Pedi: "Então ajudem-me lá a construir a tabela, Como tenho que pôr?"	[E]
Excerto 8 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Então como é que fazemos?	[E]
Excerto 9 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Uma aluna pergunta se podem experimentar vários ângulos de incidência de radiação. Professora: Podem testar com outros ângulos disse aí alguém… podem testar ou não? Concordaram? Testaram com outros ângulos? O que é que detetaram? Aluno: Testamos… um decréscimo.	[C]
Excerto 10 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Chamei à atenção para não se dispersarem e controlarem o tempo da aula, referindo: Têm de pensar no tempo que têm para fazer as quatro experiências…	[F]
Excerto 11 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Então? O aluno responde que em algumas placas não verificou transmissão. Professora: E porquê? Que é que aconteceu? Quero que me expliquem. Detetou ou não? Transmissão há ou não? Temos que medir porque? Qual é a lógica? Troquem os pólos disse eu. Eu mexi nos aparelhos de emissão e receção de ondas e os alunos disseram que em determinadas posições destes aparelhos, há menos reflexão e noutras posições era mais intensa, verificando assim qual seria a melhor posição para detetar melhor o sinal da onda.[…] Professora: Eu depois quero que me expliquem isso…	[D] e [A]
Excerto 12 da 2ª aula 2008 - 3ª Tarefa: Professora: Não percebi o que vocês estão a dizer, clarifiquem-me lá… ponha Rita força! Agora façam lá, contem-me lá qual é a vossa história… Os alunos indicam que vão aumentar a distância do emissor e do recetor e outro aluno afirma que dessa maneira está muito longe e não apanha nada. Professora: Está muito longe porquê?	[B]
Excerto 12 da 2ª aula 2012 (P) – Então diga lá! Vamos comparar os diferentes resultados com ajuda dos alunos. Entretanto vão olhar para estes resultados e comparar os diferentes resultados (entretanto a professora foi ajudando a fazer a comparação de um resultado com outro e pediu-lhes para verificarem o resto e a simulação de novo).	[B]
Excerto 14 da 3ª aula 2008 - 6ª Tarefa: Professora: Não é justificar isto Sara? É ver em que medida a sua experiência modelizou, criou um modelo ou serviu para justificar o problema…	[B]

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

[A] Indica/manipula recursos para os alunos poderem trabalhar de forma autónoma;

[B] Pede clarificação aos alunos sobre o desafio que estão a abordar;

[C] Permite que os alunos testem ideias privadas;

[D] Pede explicações sobre resultados não expectáveis;

[E] Pede ajuda aos alunos quando pretende avançar ou orientar trabalho dos alunos;

[F] Incentiva a que os alunos controlem o tempo.

As formas mais frequentes do professor deste estudo manter a tarefa como desafio são as [A] e [B]. A forma [A] é mais frequente no início da tarefa e não está relacionada apenas com a manipulação de equipamento experimental. Trata-se de uma forma de garantir que os alunos progressivamente apropriem o desafio e o possam manejar. Os excertos relativos a esta forma de manter a tarefa como desafio permitem-nos salientar que em certas condições o professor tem de manipular os recursos (neste caso equipamento) para que os alunos possam usar de forma mais proficiente. A forma [B] ocorre ao longo da execução de toda a atividade. É a forma mais frequente neste professor de manter a tarefa como desafio. Trata-se de induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática. As formas [C] e [D] são claramente pontuais. As formas [E] e [F] são recursos retóricos para devolver iniciativa aos alunos e são menos frequentes.

Como se pode verificar pelos resultados expressos na tabela 12, o facto de este professor manter a tarefa como desafio a maior parte das vezes na sua atuação permite que o aluno se envolva e aprenda a envolver-se autonomamente na sua aprendizagem. Isto verificou-se de uma forma crescente ao longo dos anos de atuação deste professor no qual teve como intervenção fundamental o seu desenvolvimento profissional e a sua predisposição para evoluir na sua actividade enquanto agente de ensino.

Para se fazer uma análise qualitativa das diferenças na mediação do professor de 2006 para 2008 e para 2012 de forma a podermos identificar de que forma o professor pode manter a tarefa experimental como desafio, apresentam- se seguidamente excertos de aulas e tabelas que permitiram fazer essa análise.

Nas figuras 6, 7 e 8 apresentam-se excertos para ilustrar que nos diferentes anos deste estudo (2006, 2008 e 2012), a colocação da tarefa subsidiária para a realização da atividade experimental (tarefa tipo 3 – Figura 3) apresenta diferenças nos esforços do professor em dar autoridade aos alunos e em manter a tarefa como desafio em 2008 (figura 7), e em 2012 (figura 8), o que não acontece em 2006 (figura 6).

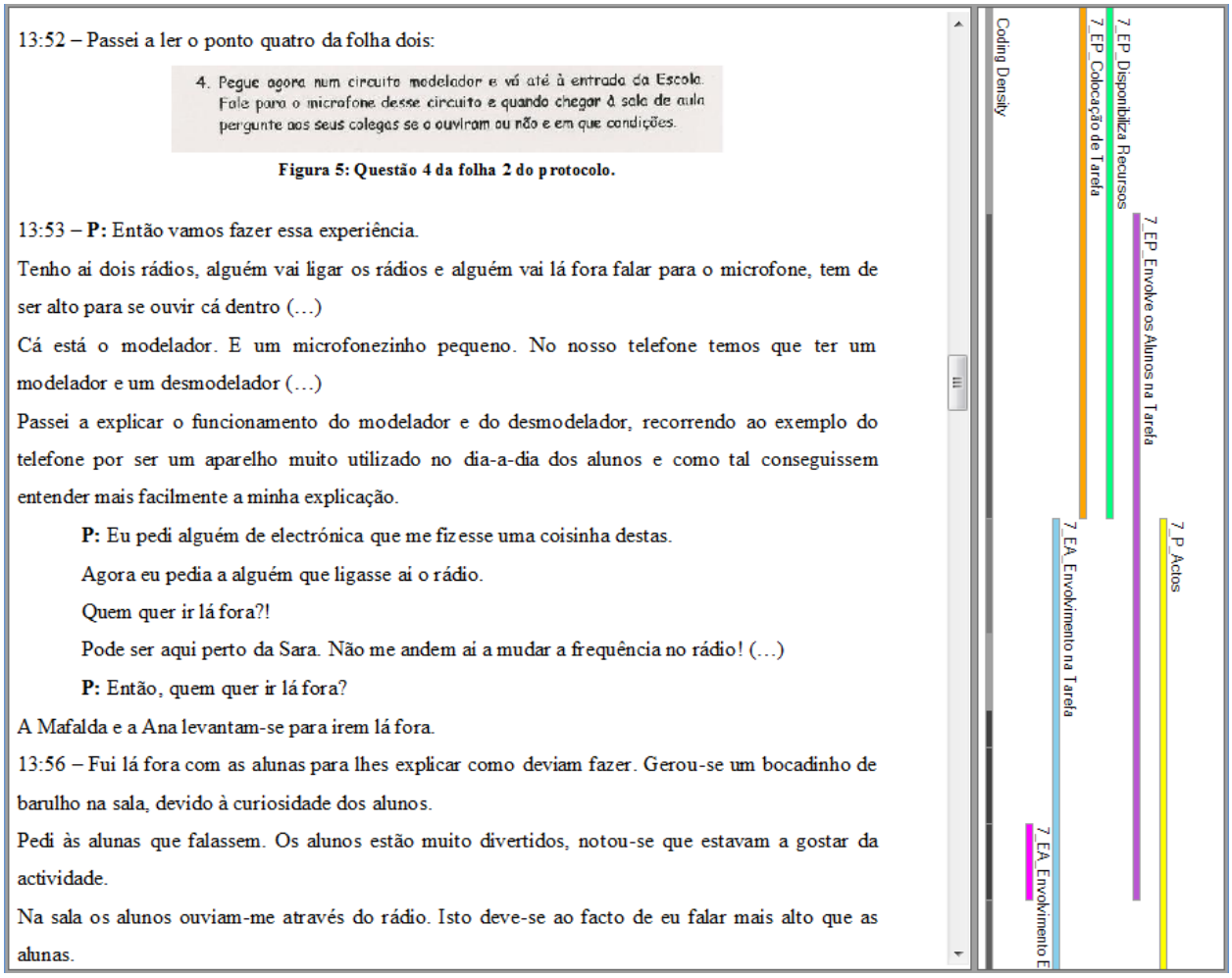


Figura 6. Excerto da 2ª NM em 2006 e a sua análise feita no NVivo 8® de modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor e o envolvimento destes na tarefa.

Como se pode ver pela figura acima o professor coloca a tarefa, envolve os alunos na tarefa, mas ainda não lhes dá a autoridade devida. E não mantém a tarefa como desafio.

No entanto, na figura 7 que corresponde a um extracto de uma NM de 2008 pode-se verificar que o professor coloca a tarefa desafio aos alunos, envolve-os na tarefa, dá-lhes autoridade, mantém essa tarefa como desafio e incentiva-os a envolverem-se na tarefa, o que revela um conjunto de esforços e uma articulação desses esforços de nível mais elevado que no ano de 2006. O que vai permitir um envolvimento dos alunos de forma mais produtiva.

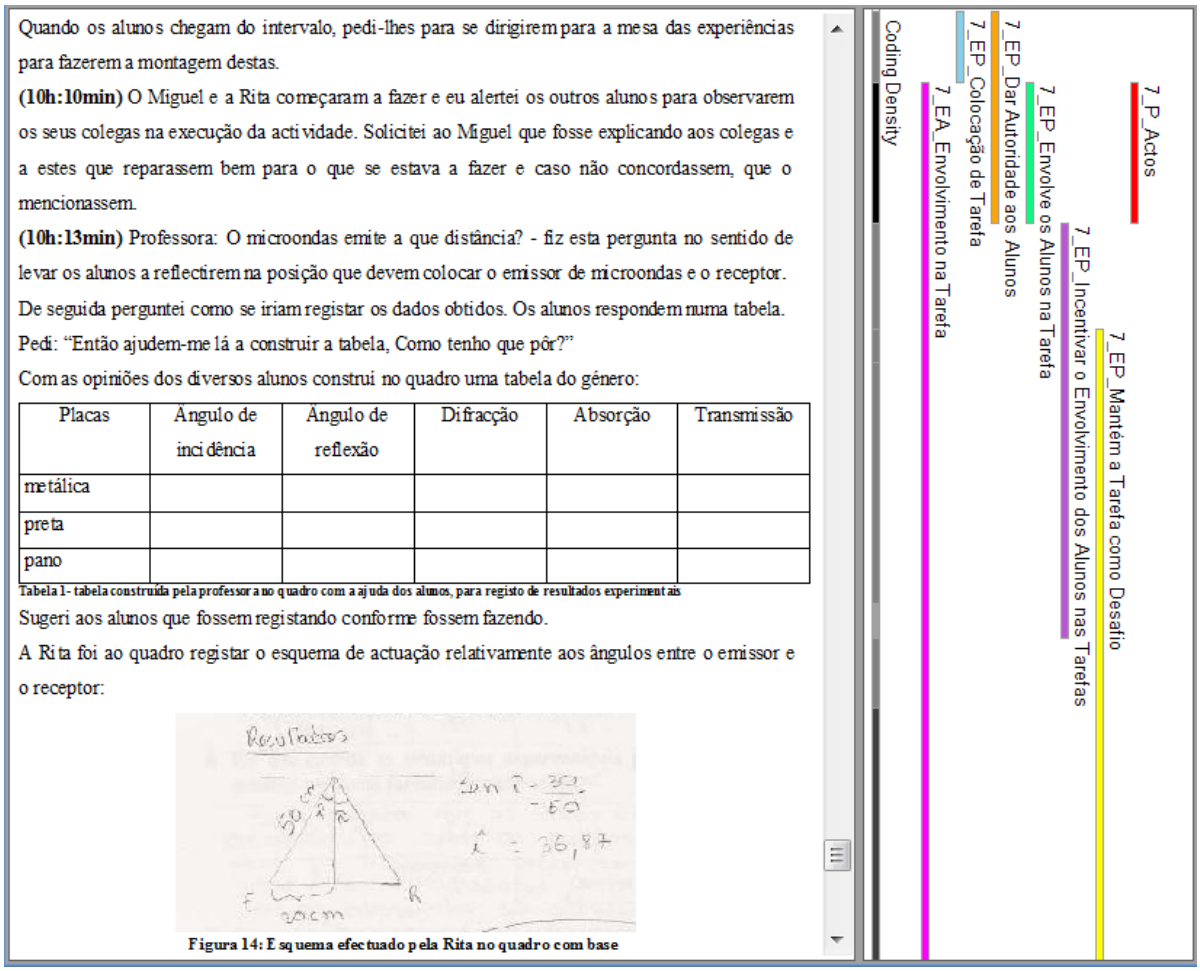


Figura 7. Excerto da 1ª NM de 2008 e a sua análise feita no NVivo 8® de modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor, o envolvimento destes na tarefa e como mantêm a tarefa desafio.

Também em 2012 se verificou o professor propor tarefas desafio, mantendo o desafio e por vezes colcar tarefas subsidiarias para alimentar esse desafio, como é o caso da situação que se apresenta na figura 8. Em que o professor utiliza os resultados obtidos pelos alunos para estes os criticarem e alterarem em grupo turma, obrigando-os a reflectir sobre os resultados obtidos e a criticarem epistemicamente o que cada grupo faz.

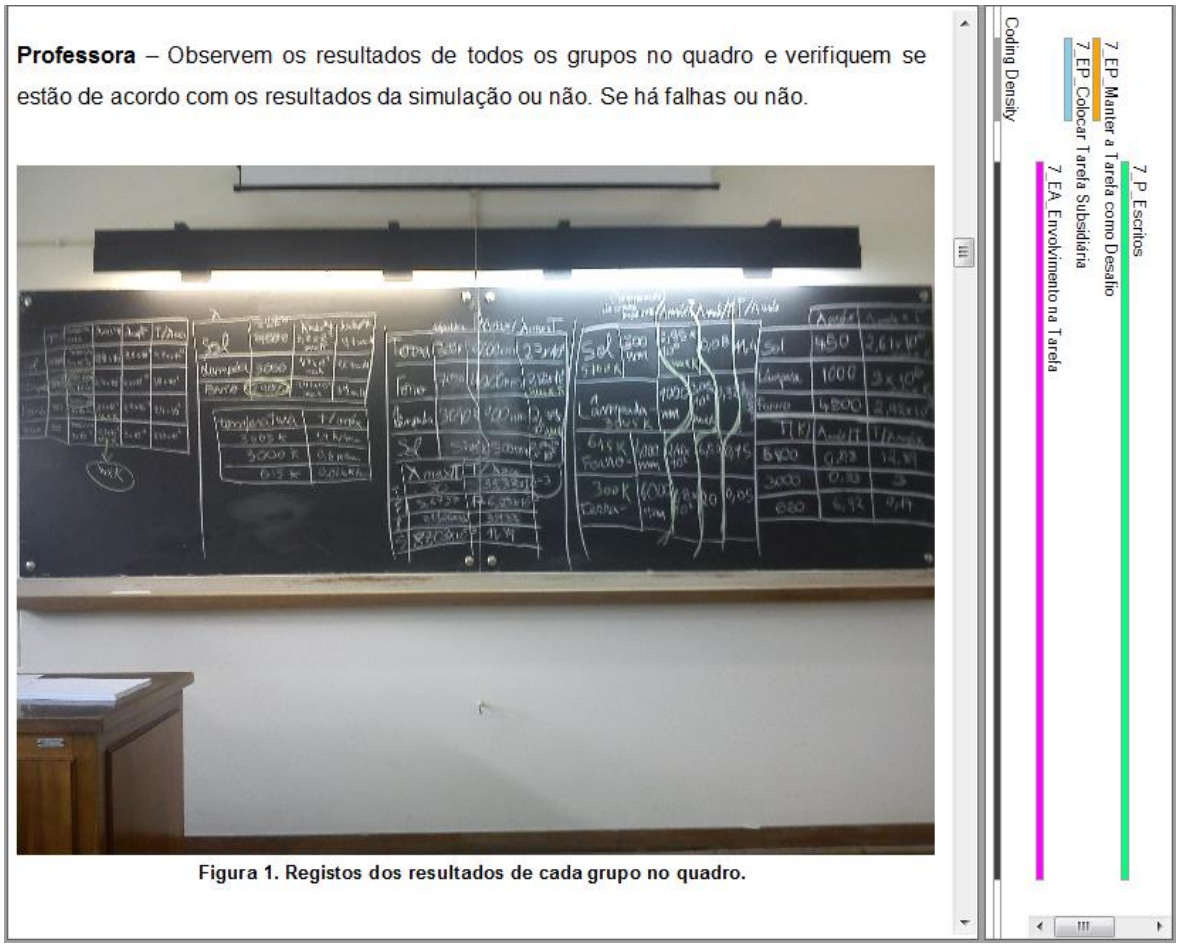


Figura 8. Excerto da NM de 2012 e a sua análise feita no NVivo 8® modo a visualizar-se a colocação da tarefa pelo professor, o envolvimento destes na tarefa e como mantêm a tarefa desafio.

Estas alterações provocaram um maior envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Assim, os alunos passaram a ter mais iniciativa e a ter maior produtividade escrita, maior produtividade oral e a ter maior frequência de manuseamento por aula (tabela 11) em 2008 e em 2012.

Sabendo que as acções do professor têm influência na promoção do envolvimento produtivo dos alunos é porque esses esforços tem um efeito positivo nessa promoção.

Para verificarmos o efeito dos esforços do professor de modo esquemático elaborou-se um gráfico de *clusters* que está explorado na tabela 14 (p.124).

4.1.1.2 Relação entre os esforços do professor para promover o envolvimento dos alunos produtivamente e o envolvimento produtivo dos alunos ao longo das 3 intervenções.

Para identificarmos as relações dos esforços do professor e o envolvimento produtivo dos alunos fez-se uma análise de *clusters* cujo resultado está na figura 9. As características de cada *cluster* estão apresentadas na tabela 14.

A análise de *cluster* (Krippendorff, 2004) agrupa os episódios de acordo com as semelhanças em termos das variáveis que caracterizam o esforço do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos e as variáveis que caracterizam esses envolvimento produtivo dos alunos. Esta análise de *cluster* gera um diagrama de árvore (figura 9), onde podem ser encontrados os conjuntos de episódios que têm grandes semelhanças entre si em termos das variáveis que os caracterizam. As características de cada grupo (ver tabela 13, p.121), são obtidas por cruzamento de análise de cada grupo do diagrama de árvore com a matriz episódios versus variáveis relativas às acções do professor e envolvimento produtivo dos alunos. Desta forma, foi possível identificar em que é que a mediação do professor influencia o envolvimento produtivo dos alunos, e comparar a sua evolução a partir de 2006 até 2012.

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

Através da figura 9 podemos ver quatro grandes grupos: o grupo I composto por A1 e A2.1 e A2.2; o grupo II composto por B; o grupo III composto por C1.1 e C1.2; C2.1 e C2.2 e C2.3; e outro composto por grupos D1 e D2.

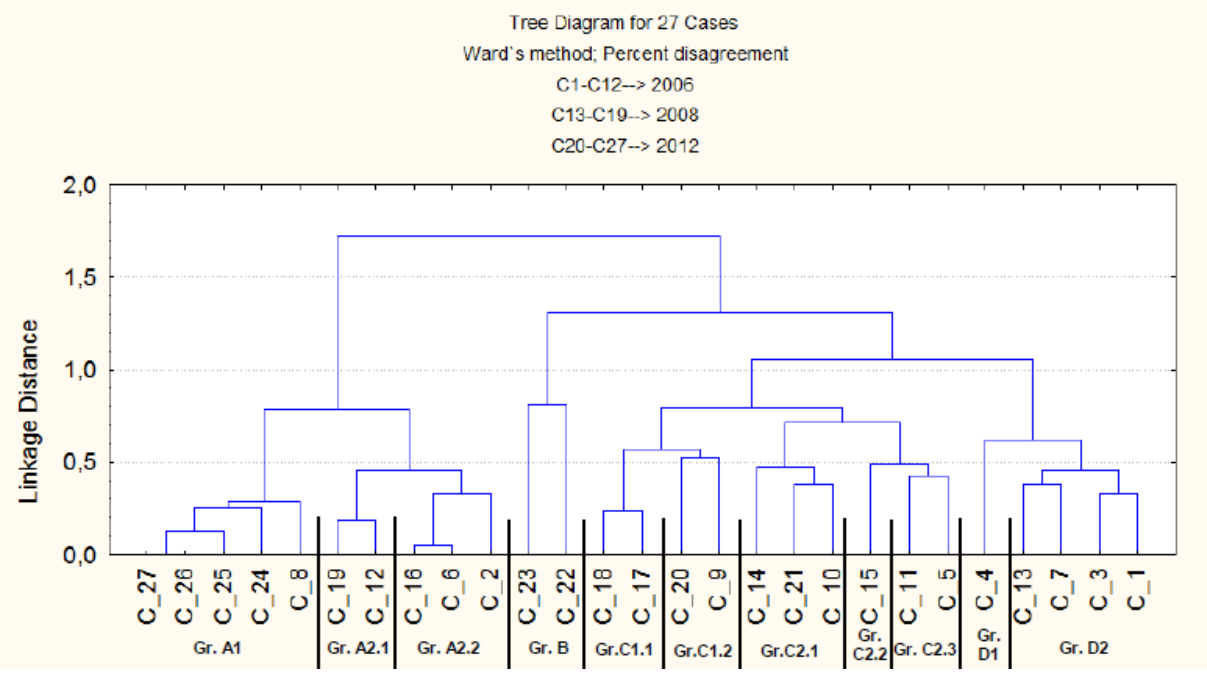


Figura 9. Efeitos dos esforços do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos durante um episódio

Assim, o *cluster* A1 tem características absolutamente distintas dos outros grupos. Estas podem ser confirmadas considerando a tabela 14. É claro que o conjunto de variáveis que caracterizam o esforço do professor e o envolvimento dos alunos no grupo A1 é diferente: apenas uma variável para caracterizar o esforço do professor (o menor número entre todos os *clusters*) -apresentar tarefa desafio); Os grupos A2.1 e A2.2 são muito parecidos nos esforços e no envolvimento dos alunos. Assim, para os mesmos esforços há os mesmos tipos de envolvimento. No grupo A2.1 tem mais o esforço "permitir ou incentivar o envolvimento" e em contra partida os alunos mostram iniciativa.

Além disso, o grupo B tem características distintas dos outros grupos. Neste grupo existem variáveis ("colocar tarefa subsidiária" e "disponibilizar recursos"), que são características de um ensino mais centrado no aluno (maior autonomia), apesar dos esforços para caracterizar o professor tenham necessidade de ter mais variáveis. Este tipo de esforço do professor é associado um grande envolvimento e produção dos alunos. Neste caso verificam-se todas as produções estudadas (oral, escrita e de atos).

Os grupos de C1.1 a C2.3 e D1 a D2 apresentam um conjunto de variáveis que são representantes da mediação deste professor no que diz respeito a esforços para envolver os alunos que consiste em: apresentar a tarefa como desafio; envolvê-los na tarefa dando-lhes

autoridade; mantem a tarefa como desafio, Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer.

Os *clusters* A2.2, C2.3, D1 e D2 são representantes de mais de metade dos episódios de 2006, que apenas se verifica o envolvimento dos alunos na tarefa e produção escrita e de produção oral, quando apareceu a produção de atos não existiam as outras duas.

Os grupos A2.1, C1.1 e C2.2 representam episódios de 2008 onde se pode ver que além da linha base de 2006 apresenta mais esforços do professor e consequentemente mais tipos de envolvimento dos alunos; por exemplo no grupo C2.2 tem os três tipos de produção (oral, escrito e de atos).

Exclusivos de 2012 temos os *clusters* A1 e B. Como já se verificou acima estes grupos são muito diferentes dos outros, o que revela neste ano ter havido uma mediação diferente e consequentemente resultados de envolvimento também diferentes.

Tabela 13. Padrões de relações entre os esforços do professor para envolverem os alunos e o envolvimento produtivo dos alunos em 2006, 2008 e 2012 considerando como unidade de análise o episódio

Grupo	Padrões de relações entre os esforços do professor e o envolvimento produtivo dos alunos	Ano da intervenção, N.º de episódios e Tipo de tarefa
A1	O professor apresenta a tarefa como desafio, solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos e envolve-os na tarefa. Os alunos envolvem-se na execução da tarefa e têm produção escrita.	1 episódio 2006 (T4) 3 episódios 2012 (T4) 1 episódio 2012 (T5)
A2.1	O professor apresenta a tarefa como desafio; solicita aspectos adicionais ao trabalho desenvolvido pelos alunos, envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Respondendo a estas solicitações do professor os alunos envolvem-se realmente na tarefa, mostrando iniciativa e produção escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental o que se lhes apraz dizer acerca dessa aprendizagem efectuada.	1 episódio 2006 (T4) 1 episódio 2008 (T5)
A2.2	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio. Respondendo a estas solicitações do professor os alunos envolvem-se realmente na tarefa, mostrando iniciativa e produção escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental o que se lhes apraz dizer acerca dessa aprendizagem efectuada.	1 episódio 2006 (T3) 1 episódio 2006 (T5) 1 episódio 2008 (T4)

B	O professor apresenta a tarefa como desafio; coloca tarefas subsidiárias ao trabalho desenvolvido pelos alunos, envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Disponibiliza recursos para a execução da mesma. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa e produção na atuação, escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental e executando com os aparatus o que se pretende com a tarefa. Por vezes os alunos têm um envolvimento emocional (quer na positiva, quer na negativa) ou até por alguns momentos nem se envolve na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2012 (T2) 1 episódio 2012 (T3)
Gr. C1.1	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando produção escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental da tarefa. Por alguns momentos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2008 (T4) 1 episódio 2008 (T5)
Gr. C1.2	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Respondendo a estas solicitações do professor os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa e produção escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental o que se lhes é pedido dizer acerca dessa aprendizagem efectuada. Por alguns momentos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2006 (T4) 1 episódio 2012 (T1)
Gr. C2.1	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa, produção escrita e produção oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental da tarefa. Por alguns momentos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2006 (T4) 1 episódio 2008 (T2) 1 episódio 2012 (T1)

Gr. C2.2	O professor apresenta a tarefa como desafio; tendo sempre presente a informação anterior necessária para a tarefa, envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa e produção nos seus actos, escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental e executando com os aparatus o que se pretende com a tarefa. Por alguns momentos os alunos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2008 (T3)
Gr. C2.3	O professor apresenta a tarefa como desafio; mantendo-a sempre como desafio. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando produção escrita e produção oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental da tarefa. Por alguns momentos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	2 episódios 2006 (T4)
Gr D1	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa. Disponibiliza recursos para a execução da mesma. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, produção na atuação, executando com os aparatus o que se pretende com a tarefa. Por vezes os alunos têm um envolvimento emocional (quer na positiva, quer na negativa) ou até por alguns momentos nem se envolve na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	1 episódio 2006 (T3)
Gr D2	O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, tendo sempre presente a informação anterior necessária à tarefa. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando produção escrita e produção oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental da tarefa. Por alguns momentos não se envolvem na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.	2 episódios 2006 (T1) 1 episódio 2008 (T1) 1 episódio 2006 (T4)

Na tabela 15, pode ser visto em mais pormenor, a evolução da mediação do professor em cada tipo de tarefas, onde constam a distribuição dos *clusters* da mediação do professor com o envolvimento dos alunos para cada tipo de tarefa.

Tabela 14. Distribuição dos *clusters* da mediação do professor com o envolvimento dos alunos em cada tipo de tarefa

Tipo Tarefa	2006	2008	2012
T1	*Cluster* D2 (2 episódio)	*Cluster* D2 (1 episódio)	*Cluster* C1.2 (1 episódio) *Cluster* C2.1 (1 episódio)
T2	—	*Cluster* C2.1(1 episódio)	*Cluster* B (1 episódio)
T3	*Cluster* A2.2 (1 episódio) *Cluster* D1 (1 episódio)	*Cluster* C2.2 (1 episódio)	*Cluster* B (1 episódio)
T4	*Cluster* A1 (1 episódio) *Cluster* A2.1 (1 episódio) *Cluster* C1.2 (1 episódio) *Cluster* C2.1 (1 episódio) *Cluster* C2.3 (2 episódios) *Cluster* D2 (1 episódio)	*Cluster* A2.2 (1 episódio) *Cluster* C1.1 (1 episódio)	*Cluster* A1 (3 episódios)
T5	*Cluster* A2.2 (1 episódio)	*Cluster* A2.1 (1 episódio) *Cluster* C1.1 (1 episódio)	*Cluster* A1 (1 episódio)

No tipo de tarefa T1, a mediação base do professor (*cluster* D2) permanece em 2006 e 2008. Em 2012 já dá um salto pois passa para os *clusters* C1.2 e C2.1 além fazer o que fazia nos dois anos anteriores passa a incentivar o envolvimento e a permitir ou incentivar a problematização.

No tipo de tarefa T2 há uma clara evolução entre cada intervenção. Assim em 2006 esse tipo de tarefa é inexistente, em 2008 passa a apresenta a tarefa como desafio; envolve-los dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos; incentiva-os a envolverem-se na execução, permitindo ou incentivando a problematização; monitoriza e corrige o envolvimento. Em 2012 o salto é ainda maior pois além do que fez em 2008 coloca tarefas subsidiárias e disponibiliza recursos para a execução da tarefa.

No tipo de tarefas T3, há também uma clara evolução de 2006 a 2012 do esforço do professor do envolvimento. Abandona as características básicas A2.2 e D1 e passa para C2.2 em 2008 e em 2012 apenas apresenta o *cluster* B que como já se verificou acima estes grupos são muito diferentes dos outros, o que revela neste ano ter havido resultados de envolvimento

diferentes. Também em T4 há tendência na mediação do professor de abandonar as características básicas, abandonando os grupos A1, A2.1, C1.2, C2.1, C2.3 e D2 a partir de 2006, fazendo surgir A2.2 e C1.1 em 2008 e em 2012 abandona também estes *clusters* ficando apenas com A1. Ou seja de 2006 para 2008 abandona a solicitação de aspectos adicionais intercaladas com as respostas dos alunos. Em vez disso, apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos. Também os incentiva a envolverem-se na sua execução, mantendo-a como desafio, sendo que em 2012 faz apenas A1 e verifica-se que os alunos apresentam envolvimento produtivo.

Em T5, há um retorno a essas características básicas da mediação do professor, pois o A2.2 que corresponde à orientação do aluno para o que deve fazer aparece em 2006 e os *clusters* A2.1 e C1.1 aparecem 2008 associado à tarefa 5 o que revela aainda parte dessas características básicas para o envolvimento dos alunos na tarefa. No entanto, em 2012 caem esses *clusters* e aparece A1 que como vimos atrás os alunos mostram renvolvimento e bastante produtivo.

É evidente que a evolução da mediação do professor não é uniforme, variando de acordo com o tipo de tarefas, em especial, no tipo de tarefas T1 e T5 a evolução na mediação professor, não muito significativa

Para a tarefa tipo T1 mantém-se o *cluster* D2 e aparecem os *clusters* C1.2 e C2.1 em 2012 isto permite afirmar que o professor para além de apresentar a tarefa desafio, dá autoridade aos alunos, incentiva a envolverem-se na tarefa, mantendo-a como desafio e os alunos também passaram a apresentar um envolvimento produtivo de nível superior como seja execução da tarefa de forma independente, mostrando iniciativa, apresentando envolvimento produtivo oral e escrito, bem como a sua atuação durante a actividade experimental. Na tarefa 2 passa de C2.1 para B apenas, mas significa que houve um salto enorme quer na atuação do professor quer na produção intelectual dos alunos. Ao passarem de C2.1 para B verifica-se um salto grande na atuação dos alunos no que diz respeito à sua autonomia na execução da tarefa. Na tarefa 3 também desaparecem os *clusters* A2.2 e D1 e passa de C2.2 para B que como já se disse anteriormente os alunos passam a manifestar uma autonomia e independencia na execução das suas tarefas. No que diz respeito à tarefa do tipo T4 larga A1, A2.1, C1.2, C2.1, C2.3 e D2 de 2006 para 2008, mas aparece A2.2 e C1.1 isto significa que o professor faz esforços do tipo apresenta a tarefa desafio, envolve-os na tarefa, dá-lhes autoridade e incentiva-os a envolverem-se na tarefa, mantendo-a como desafio. Em 2012 apenas temos o grupo A1 o que quer dizer que o esforço do professor é de tal forma que não precisa de outra

atuação a não ser a apresentação da tarefa desafio, e envolve-os na tarefa, pois esta está de tal modo que não precisa de mais para os alunos a executarem autonomamente e apresentarem produção escrita.

Também com a tarefa T5 passou do grupo de A2.2 para A2.1 e C1.1 em 2008 e passa para A1 em 2012 o que mais uma vez se verifica a minimização dos esforços do professor e a melhoria na independência de atuação dos alunos e consequentemente na sua aprendizagem.

Esta diferença na mediação do professor está associada com a actividade epistémica dos alunos durante a realização da actividade experimental que é muito diferente entre as três implementações: (a) em particular, há um menor envolvimento dos alunos na tarefa em 2006, (b) existe em 2012 envolvimento produtivo dos alunos (escrito, oral e de actos), utilizando o conhecimento teórico para confrontarem com os resultados obtidos por eles, que não está presente, em 2006, (c) também em 2008 e 2012, em termos gerais, para os alunos responderam às tarefas tipo T4 e T5, parece ser necessário que "tenham iniciativa", " se envolvam na tarefa autonomamente" e "apresentem produção de conhecimento da forma escrita, oral e de actos" porque precisam de dar um sentido aos resultados obtidos no trabalho experimental. Neste tipo de tarefas, existe o esforço do professor para envolver os alunos que consiste na apresentação da tarefa como desafio, envolvendo-os, incentivando-os e dando-lhes a autoridade devida de forma a permitir uma maior evolução na aprendizagem dos alunos.

Em 2006, não há tarefa do tipo T2, no entanto, aparece em 2008 e em 2012 com grande envolvimento dos alunos (quantidade e diversidade) e esforço do professor.

As mudanças importantes verificadas consistem no aparecimento dos *clusters* do tipo A1 e B (havendo esporadicamente um C1.2 e C2.1) o que revela um melhoramento no envolvimento produtivo dos alunos, e por consequência uma maior aprendizagem por parte dos alunos e uma atuação do professor mais eficaz.

Pode-se afirmar que o professor do nosso estudo apresentou as variáveis seguintes na sua mediação para envolver os alunos produtivamente: a)-colocar a tarefa desafio; b)- manter a tarefa como deasfio; c)- Envolver os alunos na tarefa; d)-Incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas; e)- Disponibilizar recursos para a execução da tarefa; f)- Reformular a tarefa colocando tarefas subsidiárias; g)- dar autoridade aos alunos; h)- Dar informação sobre a tarefa; i)- Corrigir o envolvimento; j)- Permite ou Incentiva a problematização; k)- monitorizar sistematicamente o envolvimento dos alunos, sem retirar autoridade aos alunos.

A atuação do professor, quer usando o trabalho experimental em 2008, quer usando a simulação computacional em 2012, para um dado conteúdo, tarefa e nível de ensino,

provocaram um envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos, em 2006 essa atuação por parte do professor não é tão evidente.

Até aqui tentou responder-se à 1ª parte da primeira questão de investigação verificando em que medida os padrões de práticas deste professor e a sua evolução faz com que os alunos se envolvam produtivamente nas tarefas propostas.

O ponto seguinte é dedicado a responder à 2ª parte da primeira questão de investigação. Vamos tentar averiguar em que medida as tarefas e a mediação do professor influenciam a existência ou não de PE dos alunos e em que quantidade e qualidade.

4.1.2 Relação entre as características de mediação e as PE dos alunos e sua evolução ao longo das três intervenções

Para identificar algumas relações entre os esforços do professor para promover PE nos alunos e a promoção de PE nos alunos durante um episódio foi utilizada a análise de *clusters*. A análise de *cluster* (Krippendorff, 2004) agrupa os episódios de acordo com as semelhanças em termos das variáveis que caracterizam o esforço do professor para promover as PE e as variáveis que caracterizam as PE dos alunos. Esta análise de *cluster* gera um diagrama de árvore (figura 10), onde podem ser encontrados os conjuntos de episódios que têm grandes semelhanças entre si em termos das variáveis que os caracterizam. As características de cada grupo (ver tabela 16), são obtidas por cruzamento de análise de cada grupo do diagrama de árvore com a matriz episódios versus variáveis relativas às acções do professor e PE dos alunos. Desta forma, foi possível identificar em que é que a mediação do professor influencia a qualidade de PE dos alunos, e comparar a sua evolução a partir de 2006 até 2012.

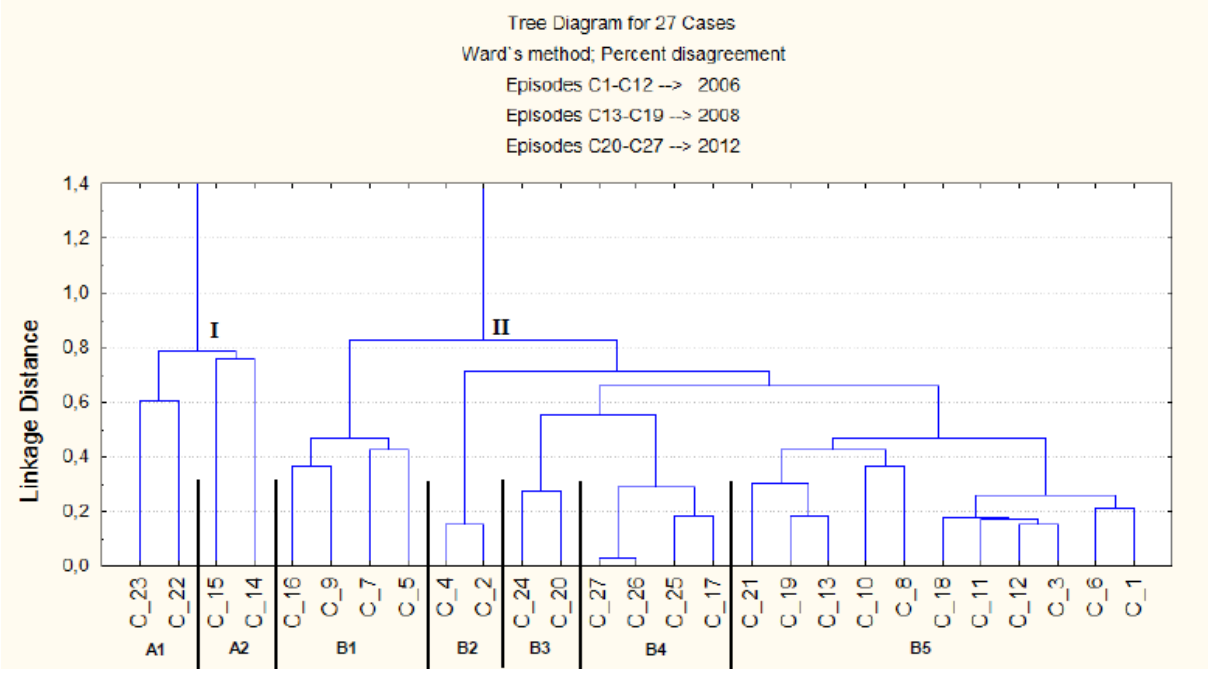


Figura 10. Efeitos dos esforços do professor para promover as PE dos alunos durante um episódio.

Através da figura 10, podemos ver dois grandes grupos com grande afastamento entre si: o grupo I composto por dois pequenos grupos A1 e A2 e outro grupoII composto por cinco grupos pequenos B1 a B5.

Assim, os grupos A1 e o A2 têm características absolutamente distintas dos restantes. Estas podem ser confirmadas considerando as tabelas 15 e 16. É claro que o conjunto de variáveis que caracterizam o esforço do professor e as PE dos alunos no grupo A1 é diferente: sete variáveis para caracterizar o esforço do professor (o maior número entre todos os *clusters* e duas variáveis desses grupos, como por exemplo: - apresentar tarefa desafio e outro); 13 variáveis para caracterizar as PE dos alunos associadas a estes tipos de esforço do professor (o maior número entre os 7 *clusters* e 6 deles exclusivo deste *cluster*). Ou seja, este tipo de esforço do professor está associado à maior diversidade (e quantidade) de PE dos alunos, distribuídos pelos três tipos de solicitação epistémica.

O *cluster* B5 é representante da metade dos episódios em 2006 e quase os mesmos episódios em 2008 e em 2012. Assim, este conjunto representa a mediação base (isto é, os traços característicos da mediação do professor independentemente das circunstancias) do professor em estudo (centrado nas variáveis tarefa desafio e solicita aspectos adicionais).

Na mediação base (cluste B5) nos episódios respectivos, o esforço do professor pode ser caracterizado apenas por duas variáveis e as PE dos alunos associadas ao esforço do professor têm uma pequena diversidade de PE, apesar de sua distribuição pelos três tipos de

solicitação epistémica. O *cluster* B5 é o único em que não aparecem na PE dos alunos a introdução e uso de mediadores.

Finalmente, os *clusters* B2 e B4 são aqueles em que o esforço do professor está associado com uma pequena quantidade e variedade de PE dos alunos. Os esforços dos professores são semelhantes com a diferença de que o professor usou artefactos ou representações visuais em quase todos. Isto pode significar que, para ser eficaz na promoção de PE dos alunos "o uso de artefactos ou representações visuais" pelo professor deve ser acompanhado por outros tipos de esforços deste.

Assim, em síntese, o conjunto B5 representa a linha de base da mediação dos episódios do professor, na medida em que é a mais usada por este: (a) começam com uma tarefa desafio, (b) há pedidos adicionais pelo professor para a tarefa; e o tipo de PE dos alunos pode ser associado a estes esforços (pequena variedade de PE). Os grupos A1 e A2 representam a direcção da mudança de mediação professor (grande variedade de esforços do professor associados a um grande número e variedade de PE dos alunos). O *cluster* B1 representa o primeiro tipo de tentativa (introdução e uso de artefacto) para alterar as características da base da mediação do professor com piores resultados em PE dos alunos. O *cluster* B3 representa uma espécie de segunda tentativa mais bem sucedida (com mais variedade de esforço do professor, apesar de centrada no professor) para melhorar o número e a variedade de PE dos alunos.

Tabela 15. Efeitos dos esforços do professor para promoverem PE dos alunos em 2006, 2008 e 2012 durante um episódio

Grupo	Padrões	Ano da intervenção, N.º de episódios e Tipo de tarefa
A1	Este grupo tem a maior variedade de esforços do professor. O professor apresenta a tarefa como desafio; sintetiza dando informação adicional para os alunos conseguirem avançar na tarefa; solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; explícita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. O professor introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual. É também neste grupo que existem a maior variedade de práticas epistémicas dos alunos, nos diferentes tipos de trabalho epistémico. Os alunos observam o ecrã do computador ou interpretam os resultados obtidos com a SC. Inicialmente, os alunos manuseiam o artefacto (SC) factualmente, mas depois de ficarem mais familiarizados, passam a manusear conceptualemente. Os alunos estabelecem relações entre variáveis, organizam informação e comunicam autonomamente os resultados obtidos na SC; identificam condições empíricas que estão presentes na SC; questionam factualmente acerca do procedimento da tarefa ou relativamente à SC; avaliar criticamente os resultados obtidos e comunicar não autonomamente relativamente aos resultados obtido com a SC. Os alunos usam o artefacto; e introduzem e usam a representação visual.	2 episódios 2012 (T2 e T3)

A2	O professor apresenta a tarefa como desafio, solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; valoriza espitemicamente as ideias dos alunos; explicita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. O professor introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual. As PE dos alunos do tipo 1 são observar e descrever a montagem experimental; interpretar a representação visual ou a montagem experimental e apresentar ideia mobilizadora para fazer a montagem experimental. As práticas epistémicas dos alunos do tipo 2 são questionar conceptualmente, conceptualizar e manusear conceptualmente, estando estas PE relacionadas com a montagem experimental. Os alunos ainda comunicam não autonomamente, formulam hipóteses e validam a resposta final da tarefa relativamente à montagem experimental; ou comunicam autonomamente e avaliam criticamente a montagem experimental. Em ambos os casos, os alunos introduzem e usam a representação visual e usam o artefacto.	2 episódios 2008 (T2 e T3)
B1	É apenas neste grupo que surge o esforço do professor para extender, no entanto o professor também apresenta a tarefa como desafio; sintetiza o trabalho dos alunos no sentido de estes verificarem se a resposta está completa; solicita aspectos adicionais ao trabalho desenvolvido pelos alunos e torna explícito o trabalho feito pelos alunos, ou o que ainda falta fazer. As PE dos alunos são: organizam informações que recolhem do livro; conceptualizar; comunicar não autonomamente a resposta final da tarefa e avaliar criticamente as suas ideias ou as dos colegas. Além disso, os alunos induzem e usam a representação visual.	1 episódio 2006 (T1) 2 episódios 2006 (T4) 1 episódio 2008 (T4)
B2	O professor apresenta a tarefa desafio e introduz o artefacto. Os alunos observam e manuseiam factualmente o artefacto para realizar a tarefa. Neste grupo os alunos não usam a representação visual.	2 episódios 2006 (T3)
B3	O professor apresenta a tarefa desafio, solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos e explícito epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. Os alunos interpretam e avaliam criticamente os resultados obtidos; estabelecem relações entre variáveis; comunicar não autonomamente e autonomamente as suas ideias e as respostas finais da tarefa. Relativamente às representações visuais, os alunos introduzem e usam.	1 episódio 2012 (T1) 1 episódio 2012 (T5)
B4	O professor apresenta tarefa desafio; sintetiza dando informação adicional para os alunos conseguirem avançar na tarefa. Os alunos estabelecem relações entre variáveis. Em 2012, os alunos avaliam criticamente e fazem previsões. Os alunos introduzem e usam a representação visual.	1 episódio 2008 (T4) 3 episódios 2012 (T4)
B5	O professor apresenta a tarefa desafio e intercalando com as respostas dos alunos ou da abordagem que os alunos vão fazendo, o professor solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos. Com estas interacções as PE dos alunos: organizar informação disponível no problema, ou que recolhem do livro; interpretar os dados ou a informação recolhida; comunicar não autonomamente as suas ideias.	1 episódio 2006 (T1) 5 episódio 2006 (T4) 1 episódio 2006 (T5) 1 episódio 2008 (T1) 2 episódios 2008 (T5) 1 episódio 2012 (T1)

Em termos globais, estes esforços do professor estão relacionadas com mais ou menos actividade dos alunos: mais quantidade e diversidade dos esforços do professor implica maior

quantidade e diversidade de actividades dos alunos. Em particular, existem três tipos de esforço do professor que têm um papel importante na mediação de professores para melhorar as PE dos alunos (quantidade e variedade): "valorizar epistemicamente", "usar representações visuais e/ou artefactos " e "explicitar epistemicamente". Nos *clusters* B1 e B3 aparecem "explicitar epistemicamente". No *cluster* B1 aparece o uso de "representação visual". Nos *clusters* A1 e A2 mantém os dois esforços mencionados e aparece um novo esforço que é "valorizar epistemicamente". Só a partir de 2008, é que há episódios em que o aluno manifesta grande actividade epistémica (mais quantidade e diversidade de PE dos alunos); que está associada a um maior esforço do professor (mais quantidade e diversidade) e nos outros episódios destaca-se o "valorizar epistemicamente". Na tabela 16, pode ser visto em mais pormenor, a evolução da mediação do professor em cada tipo de tarefas. Onde constam a distribuição dos *clusters* da mediação do professor com as PE dos alunos para cada tipo de tarefa.

Tabela 16. Distribuição dos *clusters* da mediação do professor com as PE dos alunos em cada tipo de tarefa

Tipo Tarefa	2006	2008	2012
T1	*Cluster* B1 (1 episódio) *Cluster* B5 (1 episódio)	*Cluster* B5 (1 episódio)	*Cluster* B3 (1 episódio) *Cluster* B5 (1 episódio)
T2	**—**	*Cluster* A2 (1 episódio)	*Cluster* A1 (1 episódio)
T3	*Cluster* B2 (2 episódios)	*Cluster* A2 (1 episódio)	*Cluster* A1 (1 episódio)
T4	*Cluster* B1 (2 episódios) *Cluster* B5 (5 episódios)	*Cluster* B1 (1 episódio) *Cluster* B4 (1 episódio)	*Cluster* B4 (3 episódios)
T5	*Cluster* B5 (1 episódio)	*Cluster* B5 (2 episódios)	*Cluster* B3 (1 episódio)

No tipo de tarefa T1, a mediação base do professor (*cluster* B5) permanece em 2008 e 2012. No tipo de tarefas T2 e T3, há uma clara evolução de 2006 a 2012 do esforço do professor das PEs. Também em T4 há tendência na mediação do professor de abandonar as características básicas, abandonando o grupo B5 a partir de 2006, fazendo surgir B4 e em 2012 abandona também o *cluster* B1. Ou seja, de 2006 para 2008 abandona a solicitação de aspectos adicionais intercaladas com as respostas dos alunos. Em vez disso sintetiza e dá a informação apenas para que sigam em frente sózinhos, sendo que em 2012 faz apenas este último. Em T5, há um retorno a essas características básicas da mediação do professor, pois o B5 que corresponde à solicitação de aspectos adicionais com vista à orientação do aluno para

o que deve fazer aparece em 2006 e 2008 associado à tarefa 5. No entanto, em 2012 cai B5 e aparece B3 teve uma ligeira melhoria que nos outros dois anos pois em B3 além de solicitar aspectos adicionais, apresentar a tarefa como desafio explicita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. É evidente que a evolução da mediação do professor não é uniforme, variando de acordo com o tipo de tarefas. Em especial, no tipo de tarefas T1 e T5 a evolução na mediação professor, não é tão notória.

Para a tarefa tipo T1 mantém-se o *cluster* B5 e aparece o *cluster* B3 em 2012 isto permite afirmar que o professor para além de apresentar a tarefa desafio, solicitar aspectos adicionais, passou a explicitar epistemicamente e os alunos também passaram a apresentare um envolvimento produtivo de nível superior como seja por exemplo avaliação crítica, comunicar autonomamente, etc. Na tarefa 2 passa de A2 para A1 apenas, mas significa que houve um salto enorme quer na atuação do professor quer na produção intelectual dos alunos. Ao passarem de A2 para A1 verifica-se um salto grande na atuação dos alunos no que diz respeito à sua autonomia. Na tarefa 3 também desaparece o *cluster* B2 e passa de A2 para A1 que como já se disse anteriormente de A2 para A1 os alunos passam a manifestar uma autonomia e independencia na execução das suas tarefas. No que diz respeito à tatrefa do tipo T4 mantém-se B1 de 2006 para 2008, mas desaparece B5 isto significa que o professor faz esforços do tipo apresenta a tarefa desafio, extender, sintetizar e tornar explícito, deixando de solicitar tão amiúde os aspectos adicionais e indicação sobre o trabalho aos alunos.Também aparece B4 em que a atuação do professor consiste em permite aos alunos avançarem na tarefa de forma independente. Em 2012 apenas temos o grupo B4 o que quer dizer que o esforço do professor é de tal forma que não precisa de outra atuação a não ser a apresentação da tarefa desafio, pois esta está de tal modo que não precisa de mais para os alunos avaliarem criticamente e fazerem previsões sozinhos.

Também com a tarefa T5 passou do grupo de B5 para B3 como já aconteceu com outros tipos de tarefas o que mais uma vez se verifica a minimização dos esforços do professor e a melhoria na independencia de atuação dos alunos e consequentemente na sua aprendizagem.

Esta diferença na mediação do professor está associada com a actividade epistémica dos alunos durante a realização da actividade experimental que é muito diferente entre as três implementações: (a) em particular, há um menor número de PE dos alunos em 2006, (b) existe em 2012 actividade epistémica dos alunos (avaliar criticamente, estabelecer relações, comunicar de forma autónoma e validar epistemicamente), utilizando o conhecimento teórico

para confrontarem com os resultados obtidos por eles, que não está presente, em 2006, (c) também em 2008 e 2012, em termos gerais, para os alunos responderam às tarefas tipo T4 e T5, parece ser necessário que "avaliem criticamente", “ estabelecer relações” e “fazem previsões” porque precisam de dar um sentido aos resultados obtidos no trabalho experimental. Neste tipo de tarefas, existe o esforço do professor para promover PE dos alunos é apenas apresentar a tarefa desafio, sintetizar a informação e deixá-los avançar na tarefa, por isso são esforços que permitem uma maior evolução na aprendizagem dos alunos.

Em 2006, não há tarefa do tipo T2, no entanto, aparece em 2008 e em 2012 com intensiva actividade epistémica dos alunos (quantidade e diversidade) e esforço do professor.

As mudanças importantes verificadas consistem no aparecimento dos *clusters* do tipo A1 e B3 (havendo esporadicamente um B4 e um B5) o que revela um melhoramento na independencia da atuação dos alunos, consequentemente maior aprendizagem e atuação do professor mais eficaz.

4.1.3 Variáveis do esforço do professor que promovem as Práticas Epistémicas dos alunos

Para caracterizar a mediação do professor relevante para melhorar as PE dos alunos é necessário: (a) comparar a forma como as tarefas são introduzidas e utilizadas, (b) relação entre as características da mediação professor com as PE dos alunos e sua evolução, (c) a autonomia dos alunos em 2006, 2008 e 2012 e o número de PE dos alunos (d) evolução de PE em termos de perfil 2006-2008-2012, (e) como é que os artefactos ou representações visuais foram introduzidos e utilizados;

Uma vez que a alínea a) já foi tratada nos pontos 4.1.1 e 4.1.2 iremos então discutir as outras alíneas pela ordem apresentada em cima.

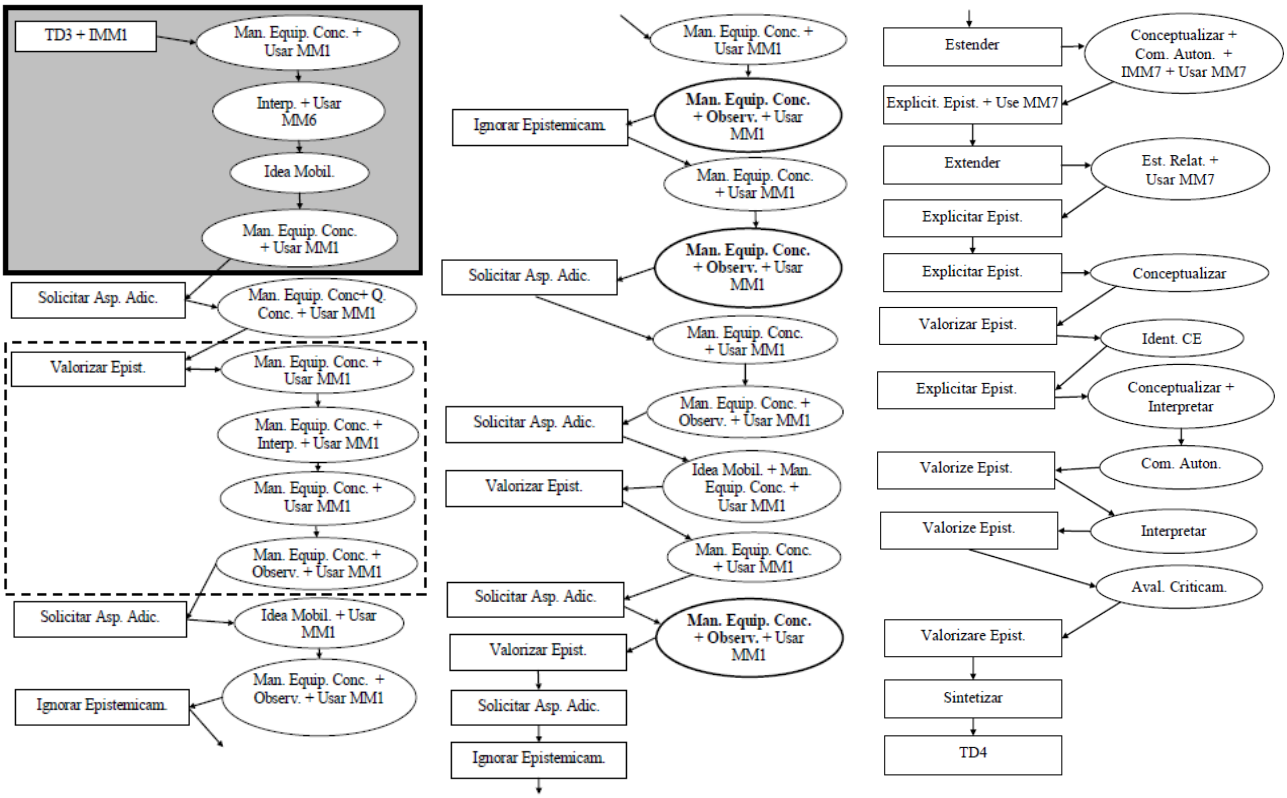


Figura 11. Diagrama da dinâmica da mediação do professor no episódio C de uma NM, em 2008. O rectângulo cinzento corresponde à análise da primeira interacção entre o professor e os estudantes

Na figura acima apresenta-se uma dinâmica da mediação deste professor de um episódio de uma NM de 2008 e que revela: a) a base da mediação deste professor é realmente de "solicitar aspetos adicionais", "valorizar epistemicamente", e "explicitar epistemicamente", (que estão representadas por rectângulos); b) a aplicação de um destes esforços desencadeia 4 ou 5 práticas epistémicas dos alunos (representadas por elipses), como por exemplo a situação que está à esquerda contornada por tracejado.

Também nesta figura se representa o extracto da dinâmica que está a cinzento onde também se pode verificar que um esforço (introdução de artefacto) efectuado pelo professor desencadeia várias PE nos alunos, como seja "usar artefacto", "manusear conceptualmente", "interpretar" e "apresentar ideia mobilizadora"; o que mostra que este tipo de mediação é eficaz na aprendizagem dos alunos uma vez que desenvolve competências epistémicas.

Na figura 18 está expresso o diagrama da dinâmica anterior, mas quando analisado pelo NVivo ®.

Mostra-se de seguida como foram introduzidos e utilizados os artefactos e as representações visuais e como estes tem efeito na emergência de PE dos alunos e consequentemente sua aprendizagem e aquisição de competências.

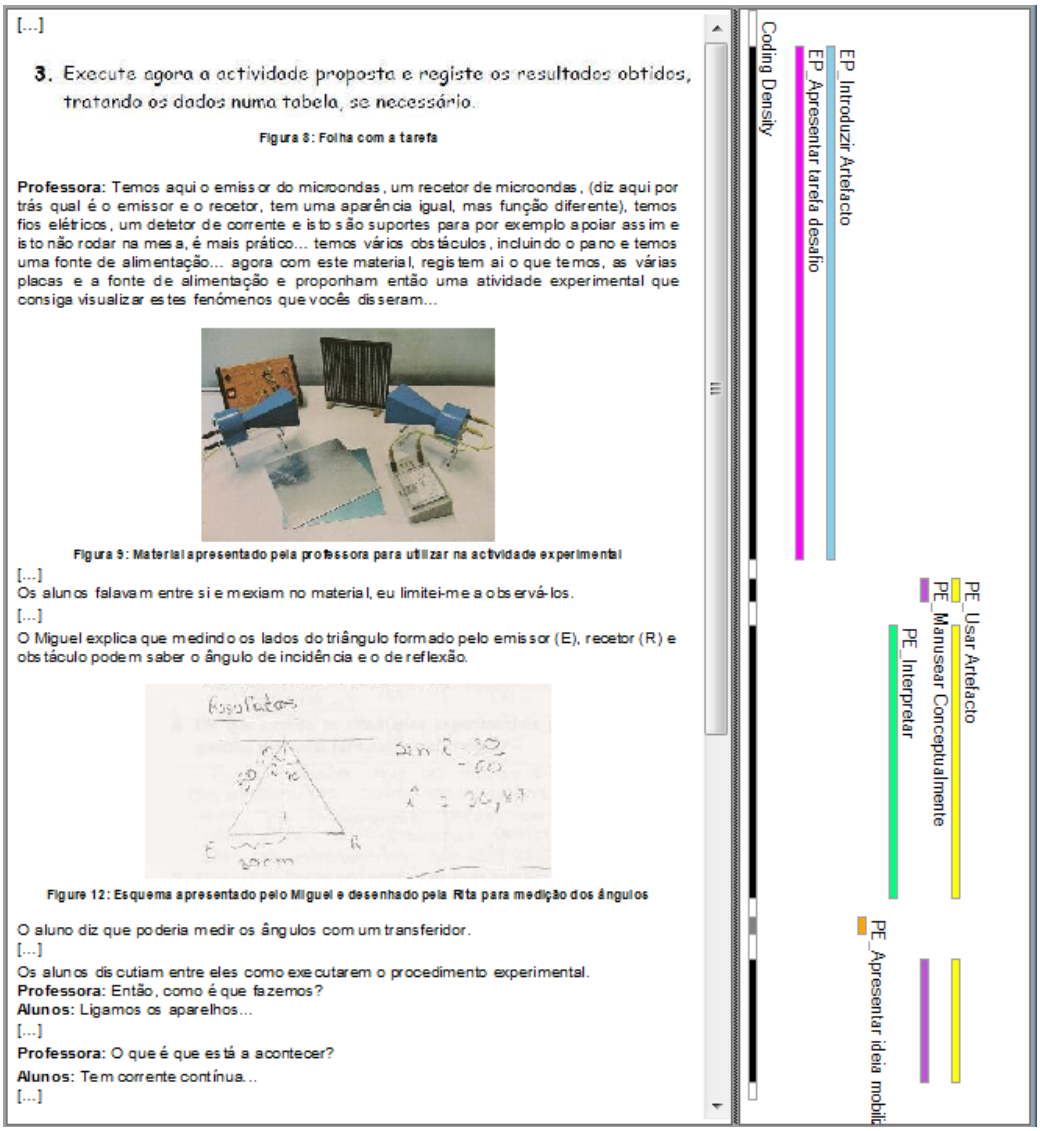


Figura 12. Excerto do episódio C de um NM, em 2008 (em cima) e sua análise feita no NVivo ® relativamente ao desafio da tarefa 3 (lado direito), durante a primeira interação entre professor e alunos

Outra diferença importante entre as implementações é o facto de que, quando os alunos fazem a actividade experimental, apenas em 2008 e 20012, é feita através do "manipular equipamento conceptualmente" e só em 2012 os alunos fazem previsões (fig. 24).

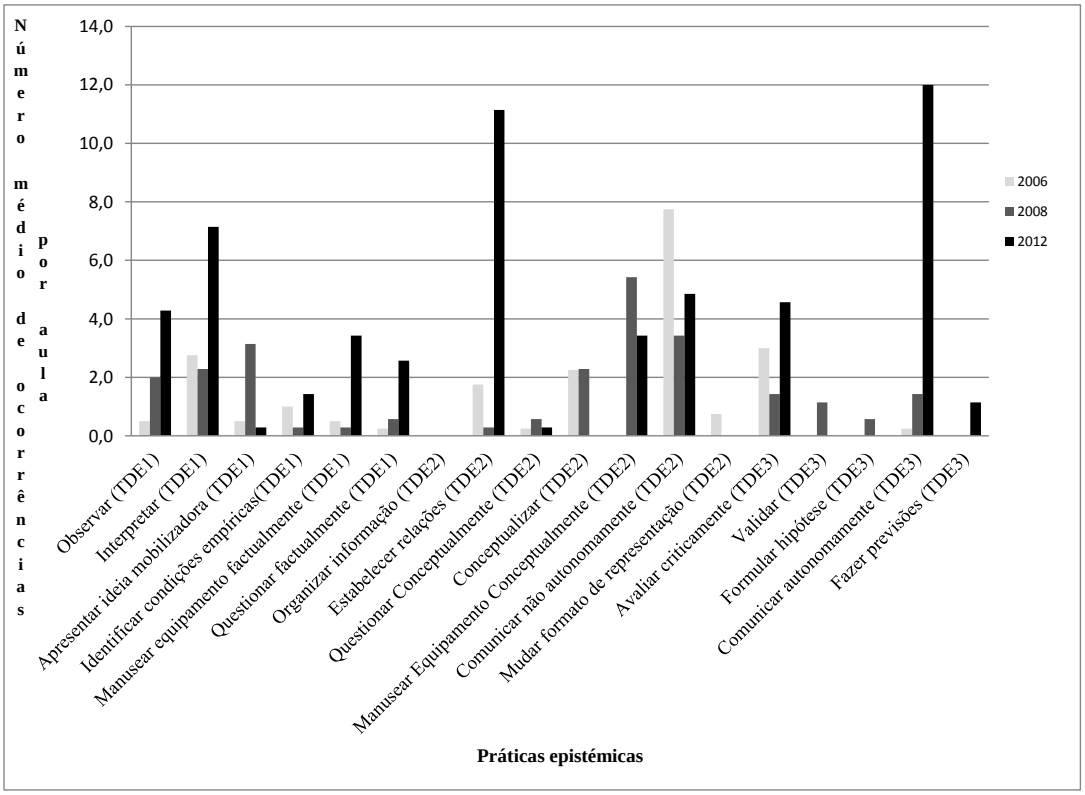


Figura 13. Perfil das PE dos alunos, em detalhe, em 2006, 2008 e 2012

Na figura 24 apresenta-se uma relação entre os perfis das PE dos alunos deste professor. Numa primeira observação verifica-se que todas as PE aumentaram em número médio por aula desde 2006 até 2008 e de 2008 até 2012, com excepção de "comunicar não autonomamente", que decresce bastante desde 2006 até 2012. Em contrapartida todas as outras aumentaram bastante em número desde 2006 até 2012. Salientam-se as PE "observar", "interpretar", "estabelecer relações", "comunicar autonomamente" e "avaliar criticamente".

O perfil da tipologia de PE dos alunos é diferente nos anos estudados (2006, 2008 e 2012). Existem diferenças no número de ocorrências de PE dos alunos, que foi maior em 2012 que em 2008 e 2006, em todos os tipos de PE (ver figura 25).

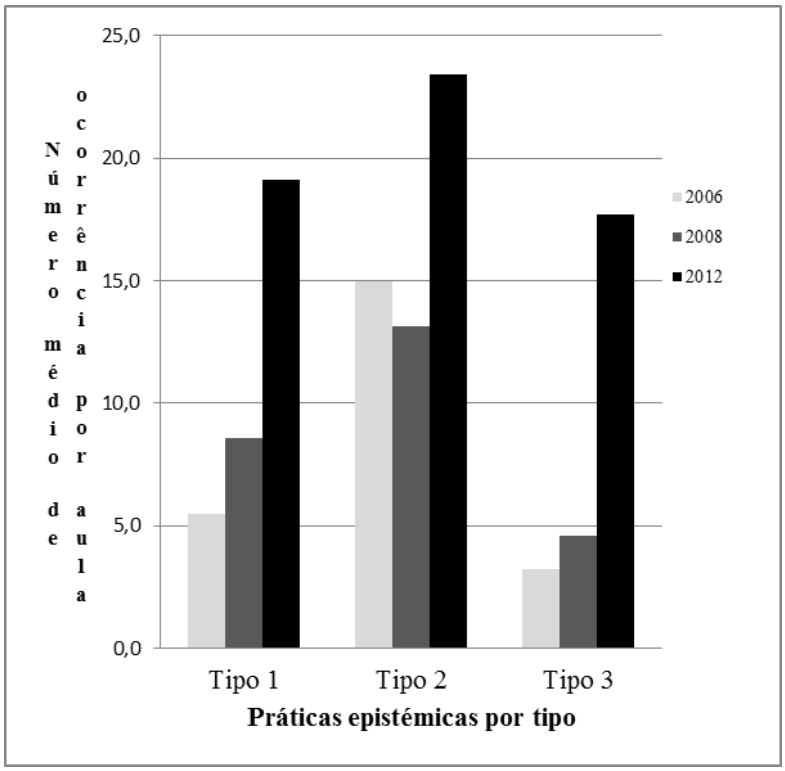


Figura 14. Perfil das práticas epistémicas dos alunos, por tipo de PE em termos globais, em 2006, 2008 e 2012.

O perfil das PE dos alunos teve uma evolução franca desde 2006 até 2012.

As PE dos alunos, as práticas epistémica tipo 1, e prática epistémica tipo 3, aumentaram consideravelmente em 2008, verificando-se, assim, um maior equilíbrio entre os diferentes tipos de PE dos alunos. No entanto em 2012 o número de PE aumentou consideravelmente para todos os tipos de prática epistémica. Essas diferenças mostram a mudança do perfil de PE dos alunos, com mais diversidade de PE e o aumento de PE dos alunos que são relevantes para usar o mundo observável na construção do conhecimento (Tipo1 - por exemplo, "observar","apresentar ideia mobilizadora") e PE dos alunos que são relevantes para usar a teoria para a construção do conhecimento (Tipo3 - por exemplo, "avaliar criticamente", "estabelecer relações" e "comunicar autonomamente") (figura 24). Ou seja em 2012 os alunos revelaram ter uma maior autonomia na construção do seu conhecimento.

Como foi visto antes, o esforço do professor foi mais eficaz em 2012 do que em 2008 e neste ano mais do que em 2006. Foi analisada a autonomia dos alunos proveniente da proposta de tarefa aplicada. Nesta secção são analisadas as principais alterações das características do esforço de professor de 2006 para 2012.

A figura 11 mostra o perfil do esforço do professor para promover PE nos alunos desde 2006 até 2012. As diferenças mais marcantes são: (a) redução das tarefas apresentadas (já analisado), (b) aumento de "solicitar aspetos adicionais", "valorizar epistemicamente", e "explicitar epistemicamente". Os esforços do professor que aumentam mais de 2006 até 2012 são "solicitar aspectos adicionais", "sintetizar", "valorizar epistemicamente" e "tornar explícito epistemicamente" (figura 11). Através da análise das NM verificou-se que estes esforços estão presentes com a componente de desafio, em que os alunos desenvolveram mais PE (um exemplo da grande influência no desenvolvimento de PE dos alunos é o esforço de "valorizar epistemicamente" que se mostram no diagrama de mediação do professor no retângulo a tracejado na figura 17).

A figura 11 apresenta os esforços efectuados pelo professor para promover práticas epistémicas, bem como a evolução desses esforços desde 2006 até 2012.

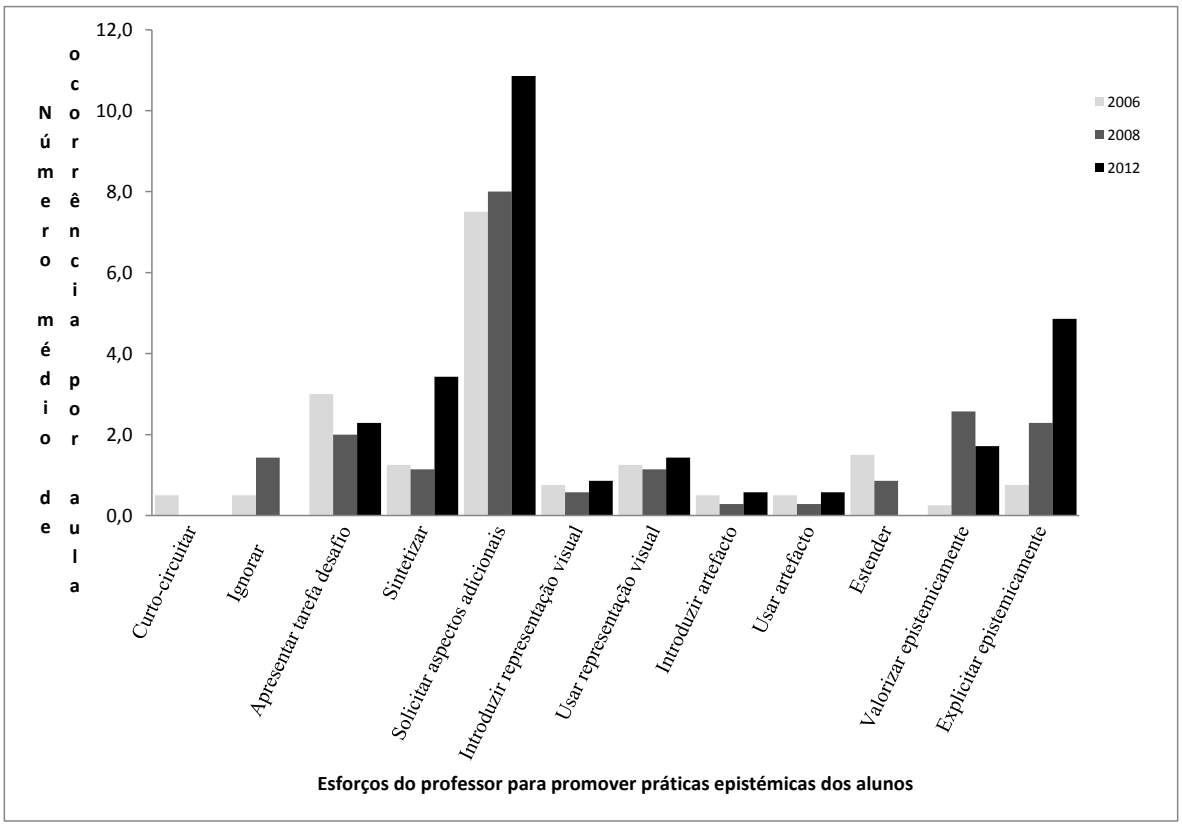


Figura 15. Perfil do Esforço do professor para promover PE em 2006, 2008 e 2012

Em termos globais, estes esforços do professor estão relacionadas com a intencionalidade didática para aumentar as PE dos alunos e desenvolver competências epistémicas. Frequentemente o professor solicita aspectos adicionais aos alunos, como forma

de os alertar para os pontos essenciais na evolução do trabalho destes, ou quando eles não sabem o que fazer (ver tabela17).

Na tabela 17 apresentam-se exemplos da mediação do professor nos três anos de intervenção (2006, 2008 e 2012) que mostram o esforço do professor em particular, a solicitar aspectos adicionais, valorizar epistemicamente e explicitar epistemicamente, para promover a emergência de práticas epistémicas. Salientaram-se estes esforços porque são a base da mediação deste professor. O uso de artefactos ou representações visuais também são importantes na mediação deste professor, razão pela qual se destacam e se fala acerca deles mais à frente.

Tabela 17. Traços característicos da mediação (esforços) do professor para produzir PE e exemplos

Esforços do Professor	**Excerto de 2006**	**Excerto de 2008**	**Excerto de 2012**
Solicitar aspetos adicionais	[...] Eu li a primeira frase de resposta dos alunos "A luz ótica é outra maneira que permite a transmissão de informações." Peço aos alunos para refletirem sobre isso e me digam o que têm a dizer sobre isso. "[...]	[...] Os alunos respondem e discutem entre si, o facto do comprimento de onda não ser muito grande porque quando afastaram muito os aparelhos da placa não houve qualquer detecção. Professora: Em relação a quais? Ora procurem aí, como é a frequência e comprimento de onda das microondas? Já tínhamos discutido isso, mas vamos discutir de novo… então? Qual é o comprimento de onda e a gama de frequências das microondas?? [...]	[…] Professora - Agora vão analisar as variações e comparar de novo os resultados dos diferentes grupos e a variação das duas grandezas em questão. […]
Valorizar epistemicamente	[…] Professor – "A Catarina explicou o que acontece apenas dentro da fibra ótica. É isso? É? A Mafalda apresentou-nos uma visão global, não é? "[...]	[...] O aluno questionou se pode testar vários ângulos de incidência de radiação. Professor - "Vocês podem testar. Pode testar ou não? percebido? Podem testar com outros ângulos? Como é detetado?. "[...]	[…] Professora – Pode ser, nem me lembrei que tinha quatro materiais, podem acrescentar uma linha nas vossas tabelas. – tinha feito 3 linhas na tabela porque era o mínimo para os alunos verificarem a existência de erros, mas como aquilo estava a causar-lhes confusão disse-lhe que podiam fazer os 4 materiais. […]

Explicitar epistemicamente	[...] Professor - Catarina fez um esquema que é complementado com a explicação que cada um de vocês deu. Ela não tem a onda modulada do processo, desde o modulador ao desmodulador. Então, nós temos uma onda portadora sinusoidal pura "[...]	[...] Professor -." Professora: Ora bem, pronto… como vêem, havia dois processos, dois métodos diferentes, um turno fez de uma maneira, tiraram esta medida aqui, esta aqui e esta e… acharam este ângulo I e este ângulo L, pelo que? Pelo seno ou pelo co-seno, como tinham os valores dos dois lados, obtêm pela máquina, certo? Outro processo era uma medição directa com o transferidor, traçar a perpendicular a meio, certo? Passava pelo ponto de reflexão… e traçaram na mesa os ângulos de reflexão e de incidência, lembram-se? Traçaram o feixe e o outro refletido também e a partir daí calculam o ângulo incidente e o de reflexão.. [...]	[…] Professora - Falta aí uma coisinha mínima que deveriam ter observado na simulação. – a professora não acrescentou o que faltava para ver se os alunos conseguiam chegar à resposta sozinhos. Professora – O resto, ainda não responderam? Quase todos os alunos responderam em voz alta que sim. A professora referiu que o grupo do João Pinto foi o que teve a resposta completa, mencionado a visualização do deslocamento da curva de radiação máxima da direita para a esquerda, dirigindo-se para o U.V. […]
Sintetizar	[…] Resumi o que estava escrito no quadro abordando os pontos essenciais, ou seja porque se usam mais sinais digitais e quais as características fundamentais destes e dos analógicos. […]	[…] Professora: No segundo turno deu para verificar que o pano também reflectia, embora não com tanta intensidade como a placa metálica, não é? […] Detectaram que havia transmissão também então aí fizeram bem, não há dúvidas para nenhum dos caso […] Mas o 2º diz-me que não houve absorção e não houve transmissão, então é igual, esta tudo ok… só que uns realizaram uma coisa, outros não, portanto fizeram esta actividade com um certo traquejo e chegaram mais ou menos as mesmas conclusões o que poderá querer dizer alguma coisa ou não? O que quer dizer? […]	[…] Professora – Então a professora decidiu clarificar corretamente as relações existentes, dizendo que c/ λ não fazia parte destes resultados, continuando a insistir com os alunos do grupo 2, e usando as respostas dadas pelos outros grupos. […]

4.1.3.1 Explicitar epistemicamente

Além disso, o esforço do professor de "tornar explícito epistemicamente" veio desencadear um novo conjunto de PE dos alunos como se ilustra nas figuras 12 e 13. Como se pode comprovar pela figura 12 em que se dá um exemplo de uma NM de 2006 onde é feito o explicitar epistémicamente e que desencadeou nas práticas epistémicas de "usar mediador manipulável ou seja representação visual", "introduzir mediador manipulável ou seja introduzir representação visual", "conceptualizar" e "comunicar não autonomamente".

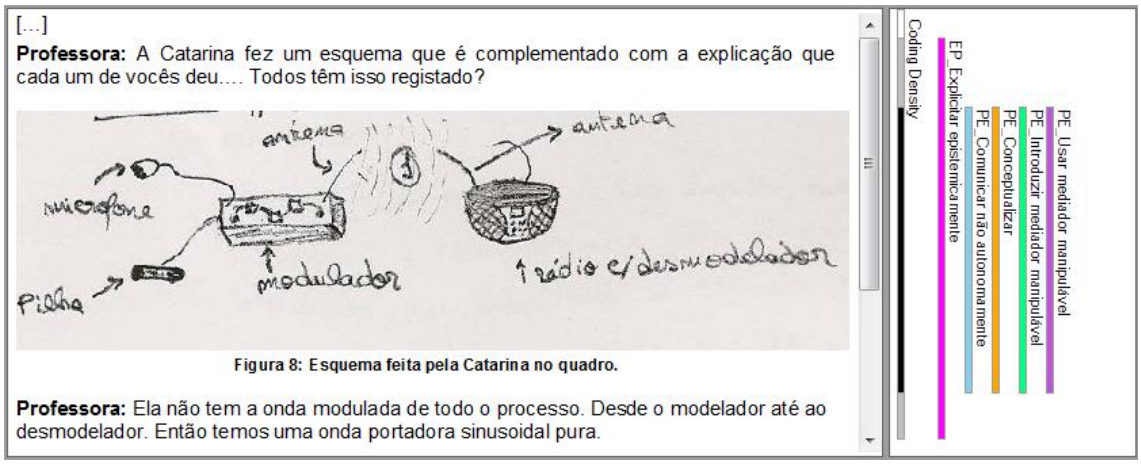


Figura 16. Excerto da NM em 2006 e sua análise feita no NVivo8® relativamente a explicitar epistemicamente.

Outro exemplo é o apresentado na figura 13, que é de um excerto de uma narração de 2012 e relativa ao uso do esforço "tornar explícito epistemicamente" associado ao facto de o professor "dar autonomia ao aluno". Esse esforço permite aos alunos emergir as práticas epistémicas como sejam "manusear conceptualmente", "usar representação visual", "usar artefacto", "interpretar", "estabelecer relações", "comunicar autonomomamente" e "avaliar criticamente".

E como se pode constar por estes dois exemplos este esforço do professor realmente promove bastante PE dos alunos e de nível epistémico mais elevado.

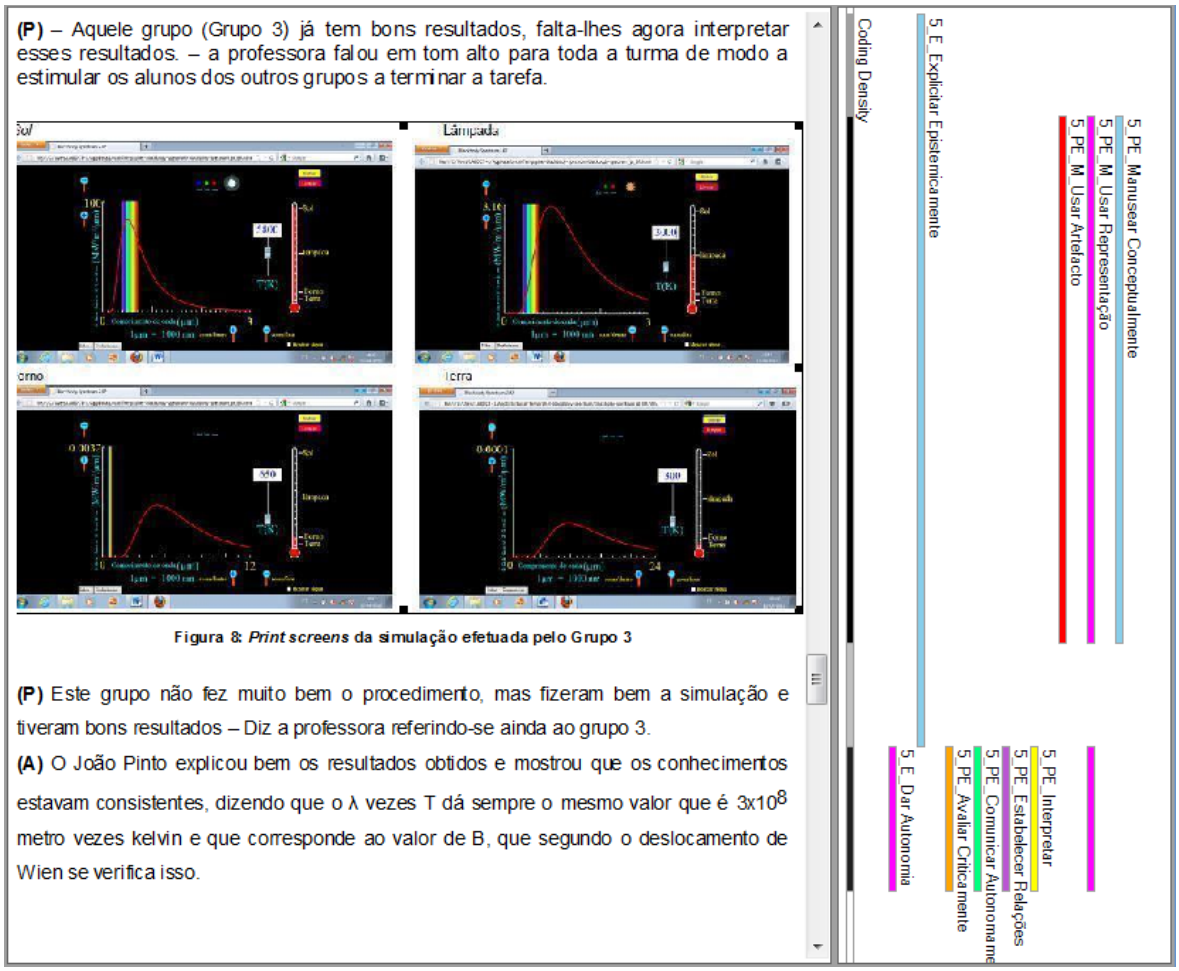


Figura 17. Excerto da NM em 2012 e sua análise feita no NVivo8® relativamente a explicitar epistemicamente.

4.1.3.2 Valorizar epistemicamente

Outro esforço deste professor que é progressivamente (de intervenção para intervenção) mais utilizado é a valorização epistémica.

O esforço do professor de "valorizar epistemicamente" vai desencadear outro novo conjunto de PE dos alunos como ilustra a figura 14 e 15.

Por exemplo na figura 14 que se apresenta um excerto de uma NM de 2008 onde foi usado esse esforço e que fez aparecer as PE dos alunos de “manusear factualmente” e “usar artefacto”.

A figura 15 é a representação de um excerto de uma NM de 2012, onde se pode verificar que pelo facto de o professor se esforçar a valorizar epistemicamente, permitiu que

os alunos "usassem o artefacto", "manuseassem conceptualmente", "observassem" e "interpretassem".

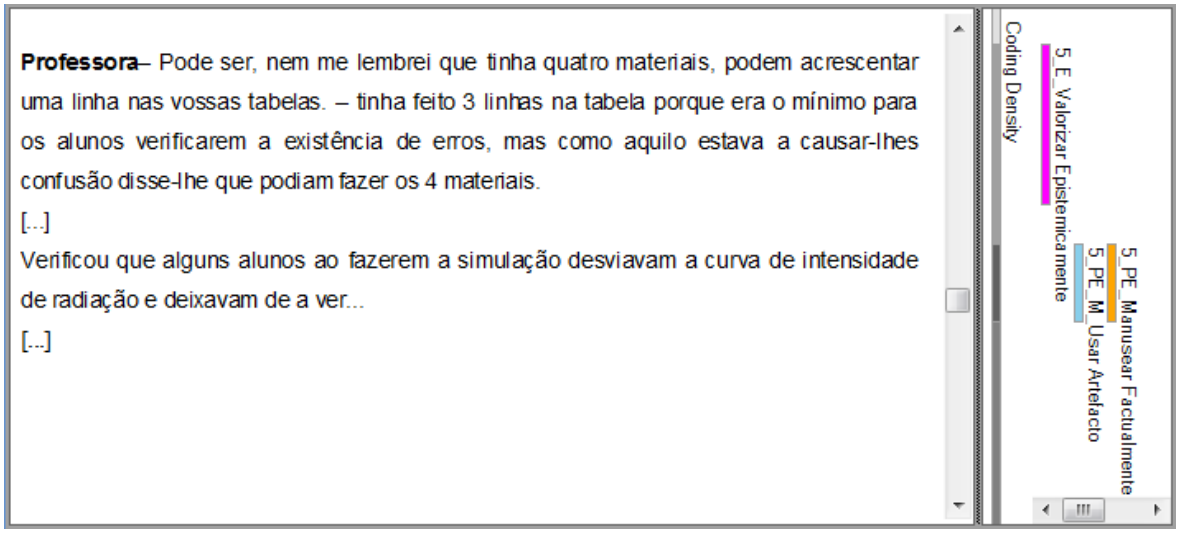


Figura 18. Excerto da NM em 2008 e sua análise no NVivo8® relativamente a valorizar epistemicamente.

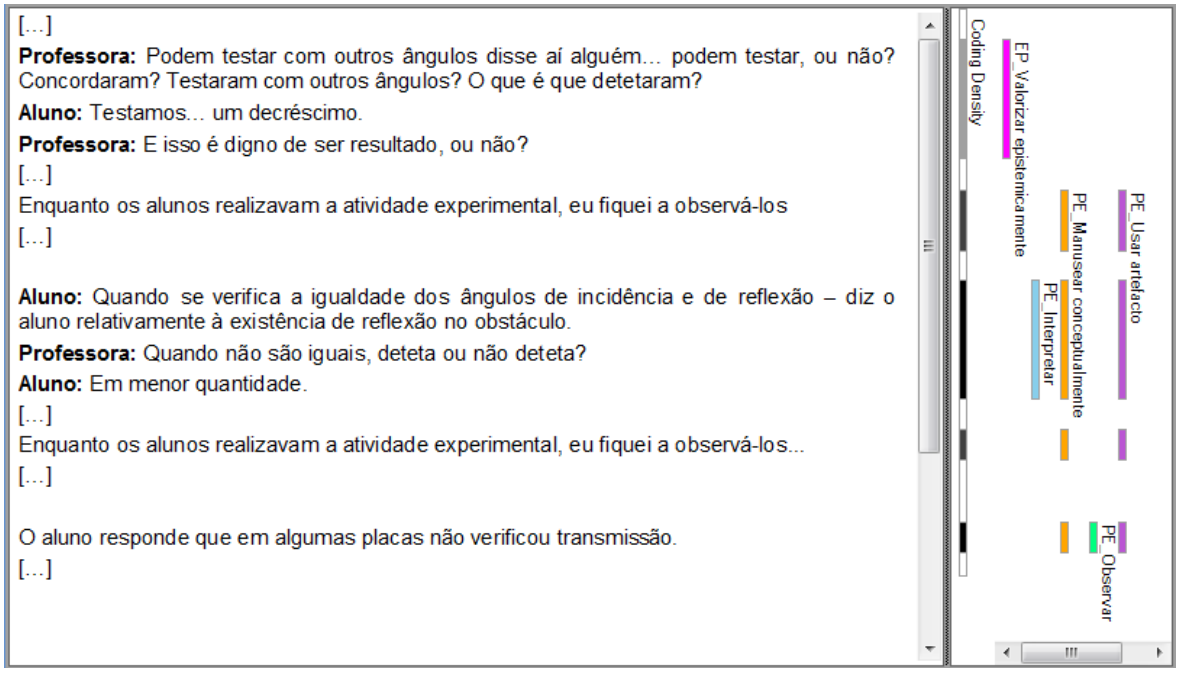


Figura 19. Excerto da NM em 2012 e sua análise no NVivo8® relativamente a valorizar epistemicamente.

De novo se verifica que o uso de valorização epistémica por parte do professor desencadeia um número elevado de PE dos alunos, mais em 2012 do que em 2008.

Verifica-se também que o uso destes esforços particulares aqui mencionados tiveram repercussões diferentes à medida que o ano de intervenção era mais à frente. Ou seja, com o

uso do mesmo esforço no ano à frente emergem mais PE dos alunos como se pode constar pelas figuras 14 e 15. O que revela que a mediação do professor ao usar esses esforços teve uma evolução, naturalmente não foi inserido ou tratado do mesmo modo (ver NM de cada ano em causa).

Por isso é aqui importante analisar as características da mediação deste professor para melhorarem e promoverem as PE dos alunos.

4.1.3.3 Sintetizar

Outro esforço deste professor que é progressivamente (de intervenção para intervenção) mais utilizado é o sintetizar.

O esforço do professor de "sintetizar" vai permitir que o aluno aceite a resposta certa ou verifique que aquilo para o qual esteve a trabalhar tem um dado rumo como era previsto ou não tem outro rumo.

A figura 16 é a representação de um excerto da 1ª NM de 2012, onde se pode verificar que o professor se esforça a completar a resposta do aluno fechando assim uma tarefa.

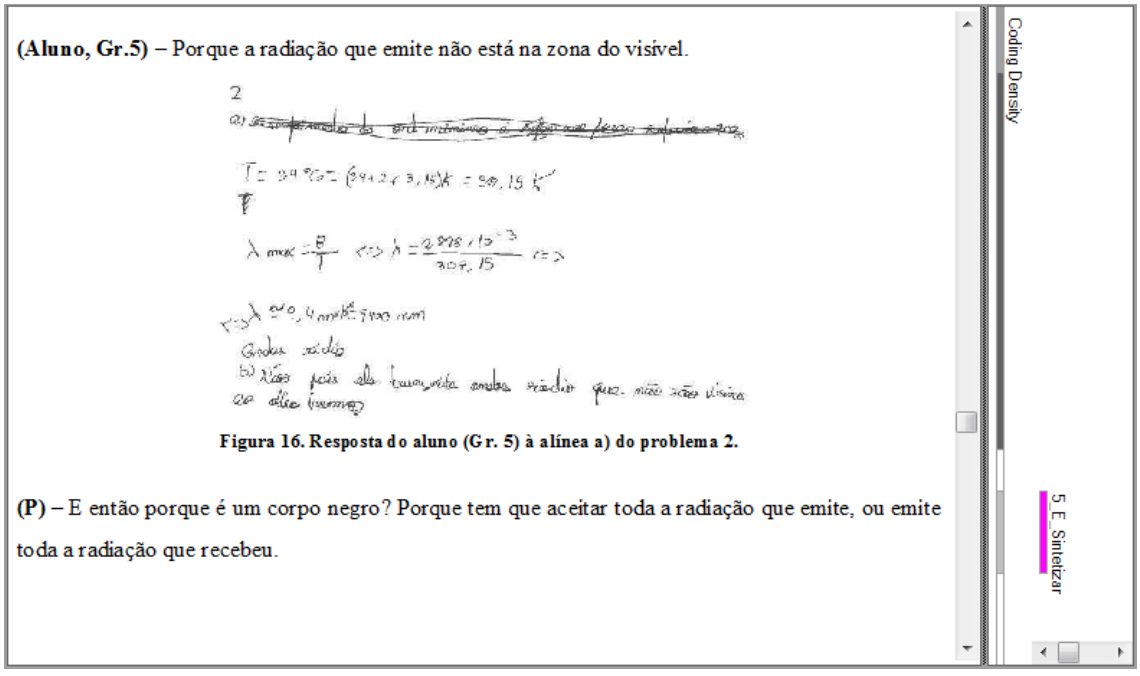


Figura 20. Excerto da NM em 2012 e sua análise no NVivo8® relativamente a sintetizar.

4.1.3.4 Como os artefactos e as representações visuais foram introduzidos e utilizados.

A Figura 21 mostra, em termos quantitativos, como é que os mediadores epistémicos (representações visuais e artefactos) foram introduzidos. Assim, da esquerda para a direita

apresentam-se em primeiro lugar a introdução e uso de artefacto pelo professor e pelo aluno (primeiros seis itens). Seguidamente (nos últimos seis itens) apresentam-se nas abcissas as representações visuais, como são introduzidas e usadas pelos professores e pelos alunos respectivamente. O número de representações visuais (RV) introduzidos pelo professor diminui de 2006 para 2008 e 2012. No entanto, o número de utilizações de representações visuais por parte dos alunos aumentou significativamente, em particular em 2012. Também o uso de representações visuais pelo aluno aumentou consideravelmente quer no caso em que esta é introduzida pelo professor ou é introduzida pelo aluno. Isto significa que as representações visuais e artefactos introduzidos pelo professor são mais adequados para os alunos os usarem por si próprios a partir de 2008 e principalmente em 2012. A representação visual é mais utilizada pelos alunos se for introduzida pelos próprios alunos do que se for introduzido pelo professor.

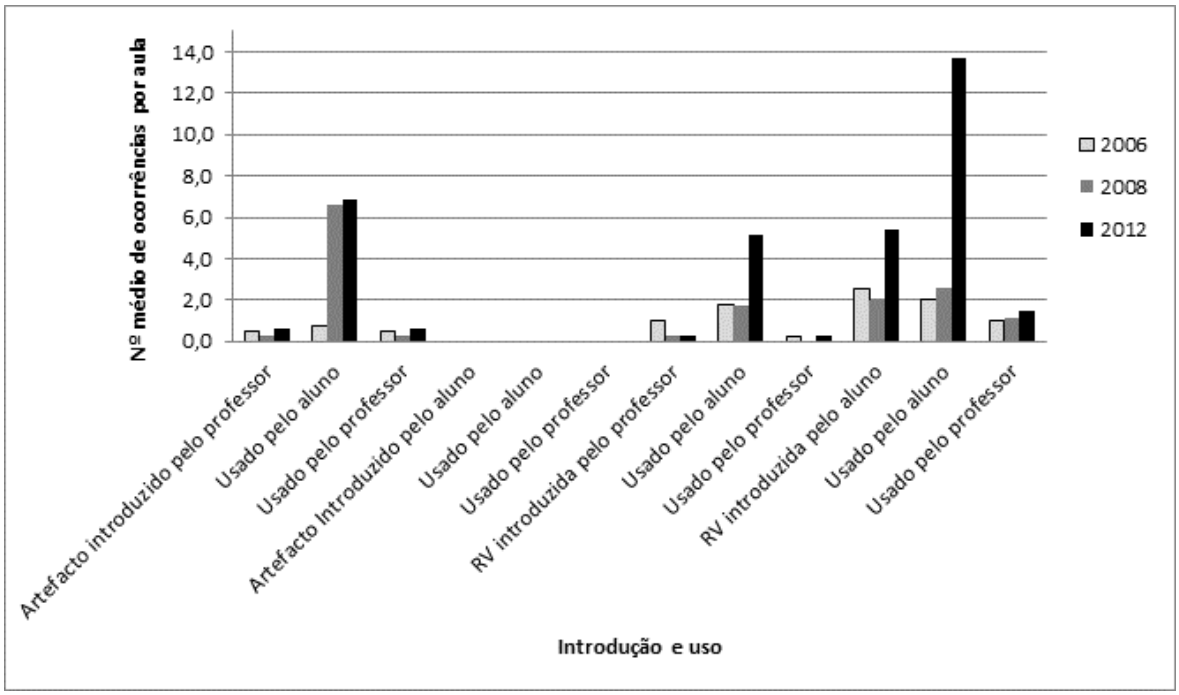


Figura 21. Introdução e uso de artefactos e representações visuais em 2006, 2008 e 2012

Em 2006, a representação visual e o artefacto permitiram que os alunos observassem sons com dois tipos de ondas electromagnéticas. Em 2008, os artefactos apresentados permitiram aos alunos fazer mais coisas e testar mais ideias. Isto é, em 2006, a manipulação do artefacto é limitada. E em 2012 foi possível os alunos introduzirem as representações visuais autonomamente e usarem-nas com maior frequência do que nos anos anteriores. Este aumento pode explicar a maior ocorrência de PE dos alunos que são relevantes para usar

conhecimentos teóricos na construção do seu próprio conhecimento. Estas duas fases da introdução e uso de representações e artefactos pelos alunos e professor que mostram também uma maior autonomia dos alunos, em termos epistémicos, e também uma maior atenção do professor para o trabalho epistémico dos alunos. O excerto de NM apresentado na figura 20 ilustra como o uso de artefacto introduzido pelos alunos que permitiu ao professor sinalizar os alunos que trabalham de forma epistémica. Esta figura refe-se ao ano 2006 e pode-se verificar que com a introdução do artefacto há de facto PE dos alunos.

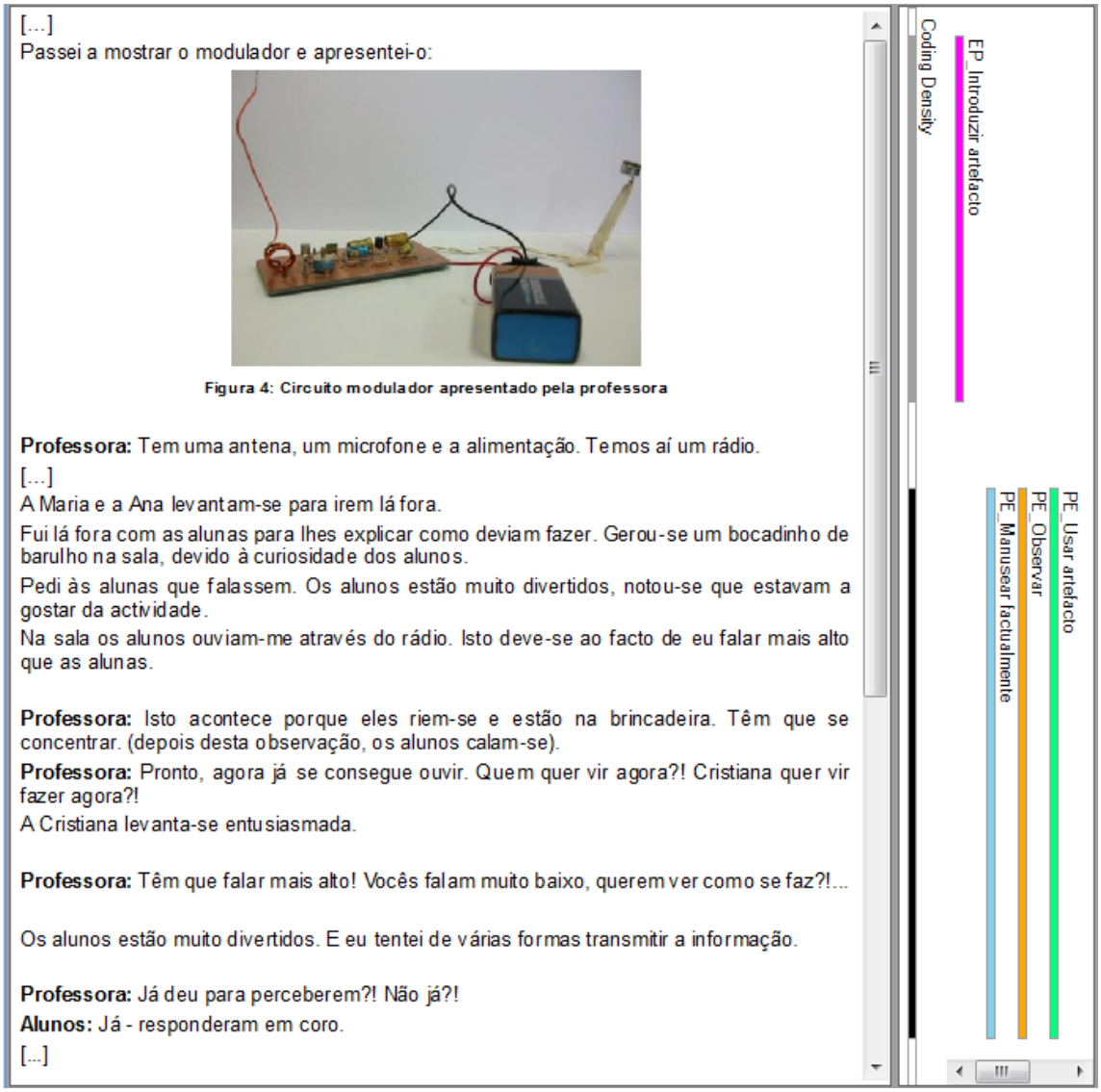


Figura 22. Excerto de uma NM, em 2006, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos

Também na figura 21, que é referente à intervenção do ano de 2008, se pode verificar que a introdução do artefacto e agora com a apresentação da tarefa desafio em simultâneo (pois já houve evolução na mediação do professor) aparecem PE dos alunos em maior quantidade e de nível superior a 2006.

A figura 22 também se refere ao ano de 2008, mas serve para elucidar o facto de o professor do nosso estudo apresentar não só o artefacto, mas também as representações visuais (elaboradas pelos alunos). Aqui as representações visuais juntamente com outros esforços do professor como se pode ver na figura permitem ao aluno evoluir na sua aprendizagem, pois aparecem PE destes. Esta figura permite visualizar que as praticas epistémicas dos alunos emergem muitas vezes em simultâneo.

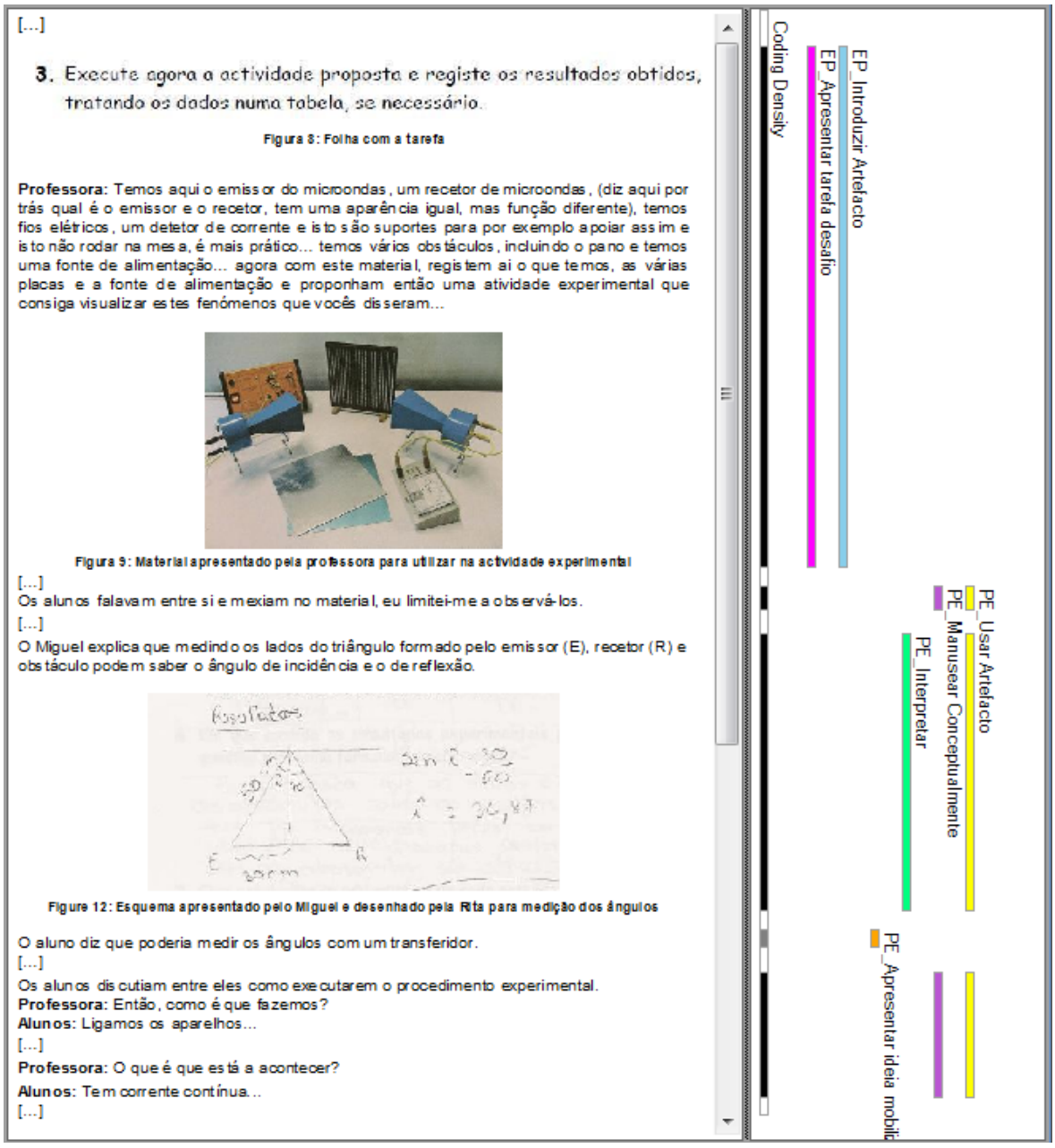


Figura 23. Excerto de uma NM, em 2008, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos

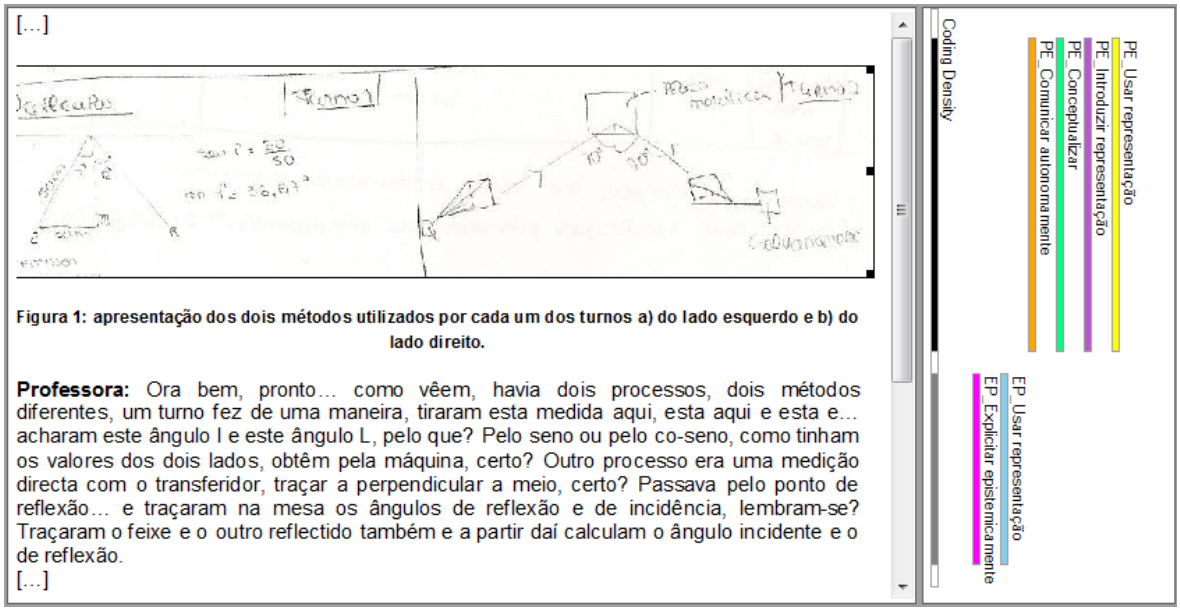


Figura 24. Excerto de uma NM, em 2008, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos

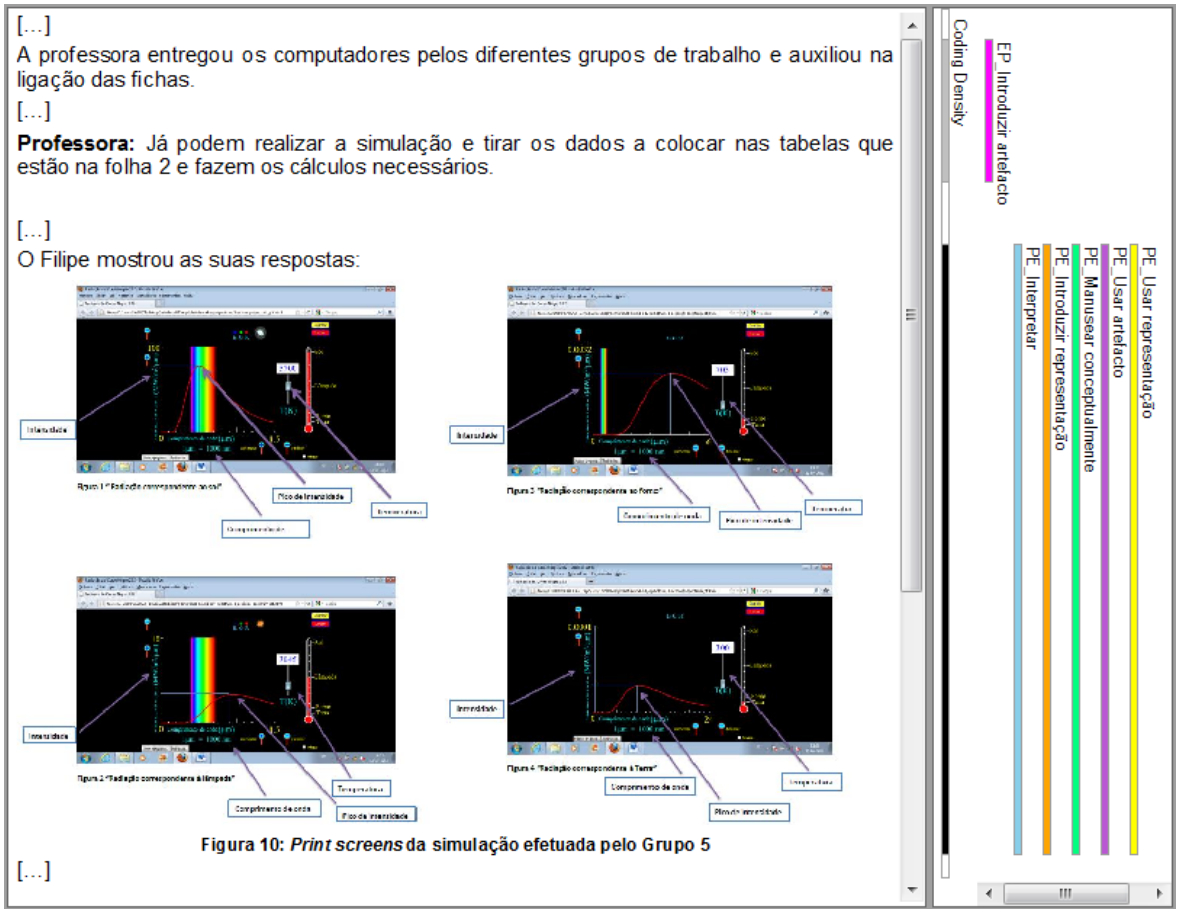


Figura 25. Excerto de uma NM, em 2012, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos.

Na intervenção do professor no ano de 2012 verifica-se uma evolução muito acentuada desde 2006, como se pode verificar pela figura 23 pois apenas servindo-se da introdução de artefacto faz emergir uma série de PE nos alunos. Isto permite verificar que os alunos já são muito autónomos na execução da tarefa e na sua aprendizagem, pois houve pouca intervenção da parte do professor e estes mostraram ter aprendido algo.

A evolução na mediação deste professor ao longo do tempo levou a que os alunos fossem cada vez mais autónomos no desenvolvimento das suas tarefas e na sua aprendizagem. Seguidamente apresentam-se os perfis das PE ao longo do tempo de intervenção e a evolução do tipo de solicitação epistemica PE atingidas pelos alunos ao longo do tempo (figuras 22 e 23).

4.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

Com vista a responder à segunda questão de investigação - "*Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?* - avaliou-se as características da mediação realmente efectuada que se alteraram com as intervenções nomeadamente as que visavam o envolvimento produtivo dos alunos e o desenvolvimento de práticas epistémicas, tirando partido da análise feita em 4.1.

Também se analisou nas intervenções entre 2006 e 2012 a formulação das tarefas tendo em conta a formulação das tarefas propriamente ditas e a forma de as usar.

4.2.1 Comparação das tarefas: desenho e formas de as introduzir e usar

Para analisar as modificações a nível do desenho das tarefas durante a intervenção didáctica consideraram-se como categorias de análise, aspectos que se mostraram particularmente relevantes na prossecução deste trabalho, de forma a melhor elucidar as modificações ocorridas ao longo dos anos.

O desenho da tarefa visto globalmente não sofreu grande variação entre 2006, 2008 e 2012. No entanto houve efectivamente alterações em pormenor que foram suficientes para alterar a mediação do professor e consequentemente as PEs dos alunos e o seu envolvimento produtivo.

Analisaram-se as tarefas apresentadas em cada ano lectivo, categorizando cada uma, como se descreve detalhadamente na tabela 10.

A "orientação dada" pretende avaliar se o enunciado das tarefas condicionava o trabalho do aluno: ou pelas próprias alíneas (ou fases do trabalho) poderem guiar o raciocínio do aluno, ou por dar expressamente orientação sobre todos os passos que o aluno tinha efectivamente de realizar, ou se pelo contrário, apenas fornece alguma pista ou mesmo nenhuma. A análise foi realizada também nas três tarefas apresentadas com base nas categorias apresentadas na tabela 10.

Também se pretende elucidar que competências e capacidades, essas tarefas permitiam desenvolver, assim como se o esforço pela mobilização ou interligação de conhecimentos é necessário para a consecução da tarefa.Os resultados desta análise encontram-se na tabela 18. Também se analisaram outras dimensões incluídas nas tarefas que se expressam seguidamente.

O significado de "0" é de ausência da categoria em questão na análise. O significado de "1" é de presença dessa categoria na tarefa em análise.

O significado de cada sigla referente à categoria encontra-se na tabela 10 no subcapítulo 3.4.2.

A média aqui apresentada refere-se antes de mais a uma média entre 0 e 1 propriamente dita, no entanto também tem a interpretação de percentagem. Se a média for 1 significa que a percentagem de ocorrência pelas tarefas todas é de 100%, se for de 0.8 será de 80%, se for de 0.5 será de 50% e assim sucessivamente.

Tabela 18. Tipo de tarefa, tarefa, categorias de análise da tarefa

	Tipo tarefa	Tarefa	R	SF	MC	FM	CLR	O	FC	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
2006	T1	TC1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
	T3	TC2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
	T4	TC3	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
	T3	TC4	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	T4	TC5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	T5	TC6	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T1	TC7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T4	TC8.1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	T4	TC8.2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T4	TC8.3	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
	T4	TC8.4	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
	T4	TC8.5	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0

	Média por ano		1.0	0.9	0	0.8	0.7	0.4	0.7	1.0	0.8	0.5
2008	T1	TC1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T2	TC2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T3	TC3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	T4	TC4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	T4	TC5	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	T5	TC6	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T5	TC7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	Média por ano		**1.0**	**1.0**	**1.0**	**0.1**	**0.9**	**0.3**	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**0.9**
2012	T1	TC1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	T1	TC2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	T2	TC3	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	T3	TC4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	T5	TC5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	T4	TC6	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
	T4	TC7	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
	T4	TC8	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
	Média por ano		**1.0**	**1.0**	**0.6**	**0.9**	**0.5**	**0.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**

Legenda: T1 –Tarefa 1 e assim sucessivamente; TC2 – Tarefa desafio 2 e assim sucessivamente; R- real; SF- situação física; MC- mobiliza conceitos; FM formalismos maremáticos; CLR- raciocínio claro; O- orientação; FC- formulação clara; Tipo1- prática epistémica tipo 1; Tipo2- prática epistémica tipo 2; Tipo3- prática epistémica tipo 3;

No que diz respeito ao desenho da tarefa verifica-se que nas três intervenções as tarefas apresentadas são reais; a apresentação da situação física melhorou nos anos 2008 e 2012 em relação a 2006 no que diz respeito à redução da orientação e ao aumento da clareza. A mobilização de conceitos já teve variação como tendo ausência total em 2006 (0), como tendo muito em 2008 (1.0) e menos em 2012 (0.6). No que diz respeito aos formalismos matemáticos estão a ser usados em 2006 e 2012 e quase ausentes em 2008. A cadeia longa de raciocínio (CLR) teve alteração negativa nas três intervenções (0.7; 0.9; 0.5) respectivamente 2006, 2008 e 2012. A orientação dada na ficha experimental baixou até zero desde 2006 (0.4) até 2008 (0.3) e acabou em zero em 2012. A formulação pareceu-nos clara nos três anos de intervenção considerando-se menos clara no ano de 2006 (0.7) em relação aos outros anos que foi um. Quanto ao tipo de trabalho epistémico, de tipol 1 estava no máximo nos três anos, a de tipo 2 sofreu um acréscimo de 2006 para 2008 de 0.3 e manteve-se no 1.0 desde 2008 até 2012. Já o tipo de trabalho epistémico tipo 3 teve uma alteração positiva desde 2006 até 2008 de 0.5 até 0.9 de outro acréscimo de 0.9 até 1.0 desde 2008 até 2012. Quer isto dizer que as práticas epistémicas de tipo 3 foram mais requeridas com o evoluir do estudo.

Apesar de o modelo de tarefa ser a mesma nas três implementações, em 2006, há claramente mais subtarefas reais para cada tipo de tarefa do que nos outros anos (ver tabela 15). Este facto (mais subtarefas reais) constitui uma orientação clara do trabalho do aluno, e faz com que o aluno perca alguma da sua autonomia.

Analisando as tarefas de forma mais fina verifica-se que a tarefa do tipo 1 (T1) é mais clara e aberta em 2012 do que nos outros dois anos e a situação física é mais explícita (ver tabela 15). Esta diferença na formulação da tarefa dá a possibilidade de maior autonomia no trabalho do aluno. Além disso, há diferenças subtis na verdadeira apresentação de tarefas em 2006, 2008 e 2012 (ver tabela 19). Em 2006, o professor era mais directivo, pedindo, em particular a alguns alunos para fazer ações específicas. Pelo contrário, em 2008, o professor espera por ações dos alunos. E em 2012 o professor coloca toda a responsabilidade de preparação e execução da tarefa no aluno, apenas faz recomendações a ter em conta.

Apresenta-se de seguida a tabela 20 onde consta a apresentação da tarefa T3 feita pelo professor em cada ano de intervenção.

Tabela 19. Excertos de NM para a apresentação da tarefa T3

2006	2008	2012
[...] Como a tarefa da atividade experimental pedia para os alunos saírem da sala de aula com o circuito a fim de ouvirem a transmissão de som de fora para dentro da sala de aula, o professor perguntou: Professor - "Agora, eu peço a alguém para ligar o rádio. Quem quer ir para fora com o circuito modulador? Pode ser aqui perto, Sara. Não mudem a frequência do rádio! Então, quem quer ir para fora? Maria e Ana levantaram-se para ir lá para fora. Saí com os alunos para lhes explicar como eles devem fazer. Os alunos que estavam na sala de aula fizeram um pouco de barulho, devido à sua curiosidade. Peço para os alunos falarem ao microfone do circuito. [...]	[...] Professor - "Vamos continuar com a nossa atividade. Aqui está o equipamento, eu quero 4 ou 5 alunos para vir aqui testar, para vocês verem como isso funciona, eu quero-vos ver a fazer a montagem experimental e eu só vou estar a observar mais nada. "[...]	[...] Já podem realizar a simulação e tirar os dados a colocar nas tabelas que estão na folha 2 e fazem os cálculos necessários. Não se esqueçam de fazer um documento novo hoje e os printscreens de tudo o que fazem e guardarem com o dia respectivo- disse novamente a professora. Expliquem bem no print screen como fizeram as leituras. [...]

Apesar de o número de intervenções do professor em cada ano ser semelhante (cerca de 54 intervenções), os alunos, em 2012, tinham mais autonomia do que em 2008 e em 2008

mais do que em 2006, porque: (a) tinham menos orientação nas tarefas, (b) a natureza das tarefas atribui aos alunos mais autoridade. Apesar de o número de tipo de tarefas ser apenas cinco (ver figura 3) o número de tarefas reais, em 2006, é de 12 e em 2008 é de 7 (ver tabela 21) enquanto que em 2012 são realmente as 8, mas que entregam ao aluno toda a responsabilidade da sua concepção realização e interpretação. Esta diferença é mais profunda, porque se verifica que o modelo de tarefa T2, não está presente em 2006. Isto é, a orientação do professor por tarefas é mais reduzida em 2008 (ver tabela 21) e em 2012. Esta autonomia pode ser verificada, comparando os esforços do professor, na apresentação das tarefas e na acompanhamento e própria execução delas. Além disso, a sua intervenção permite maior autonomia dos alunos em realizarem as tarefas ao longo de 2012. Um exemplo de cada implementação é apresentado através dos excertos das NM (ver tabela 2) que ilustram a atitude do professor durante a apresentação do tipo de tarefa 3. Em 2012, o professor dá aos alunos muita autoridade para realizar a tarefa experimental. Este aumento da autonomia dos alunos pode explicar o maior número de PE (de 125 em 2006, 138 em 2008 e 323 em 2012) e um maior número de PE por intervenção do professor, a nível global (de 3.0 em 2006; 3.7 em 2008 e 3.3 em 2012), ou mesmo em cada tipo de tarefas (ver tabela 20).

Na tabela 21 apresenta-se uma relação entre o tipo de tarefa, as tarefas para cada tipo de tarefa, o número de PE obtido por cada tarefa e o número de PE por intervenção e estas relações obtidas em cada ano de intervenção (2006, 2008 e 2012).

Das análises mais finas às tarefas ao longo das 3 implementações as principais mudanças são:

(a) o contexto é mais rico, o problema é mais claro em 2008 e em 2012 sucessivamente, a tarefa continha uma melhor descrição da situação física, enquanto que esta estava ausente em 2006; além disso, a formulação em 2008 precisava o desafio (modelizar a situação em laboratório) e colocava questões que estabeleciam os objetivos a atingir em 2012 também precisava a simulação muito concretamente até para a planificação se serviram de orientação no computador através da simulação;

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

(c) é concedida mais autonomia e responsabilidade (compare-se tarefas tipo T3) o trabalho experimental, em 2008 assim como em 2012, pedia para planear e só depois é que era realizada a atividade experimental, mas em 2006 esta era muito orientada; por exemplo, em 2008, o registo e o tratamento de dados é feito e decidido pelos alunos, o que não acontece em 2006; além disso, o número de tarefas subsidiárias por aula foi menor em 2008 e em 2012

que eram praticamente as mesmas, o que é indicador de uma menor intervenção do professor, dando por conseguinte maior autonomia nos alunos;

(d) é devolvido aos alunos a responsabilidade de responder ao problema inicial (tarefa tipo 5). Estas mudanças podem explicar o aumento do esforço do professor em "manter a tarefa como desafio" e "dar autoridade aos alunos" (figura 5).

Tabela 20. Número médio de PE dos alunos que ocorrem em sequência por tipo de tarefa durante o episódio com tarefas reais

	2006			2008			2012		
Tipo de Tarefa	**Tarefa**	**Nº. de PE por tarefa**	**Nº médio de PE por intervenção**	**Tarefa**	**Nº de PE por tarefa**	**Nº. médio de PE por intervenção**	**Tarefa**	**Nº de PE por tarefa**	**Nº. médio de PE por intervenção**
T1	TD1 TD7	9 18	3.0	TD1	11	3.7	TD 1 TD2	43 13	3.3
T2	ausente	0	0.0	TD2	26	2.9	TD3	111	4.8
T3	TD2 TD4	5 3	2.7	TD3	73	3.3	TD4	90	4.3
T4	TD3 TD5 TD8.1 TD8.2 TD8.3 TD8.4 TD8.5	4 20 6 19 9 15 11	2.2	TD4 TD5	10 5	1.9	TD6 TD7 TD8	12 11 13	6.0
T5	TD6	5	3.0	TD6 TD7	8 5	1.9	TD 5	30	7.5
Total de PE		125			138			323	

4.2.2 Caracterização das alterações na mediação do professor

A caracterização da mediação realmente efectivada pelo professor é aqui realizada identificando os esforços que o professor faz para produzir PE. Desses esforços efectuados (figura 11) cinco categorias de análise, destacam-se por explicarem melhor os esforços do professor que tiveram maior impacte nas PE dos alunos e que tiveram maior evolução ao longo do tempo deste estudo. Esses esforços são: (a) sintetiza, (b) solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; (c) valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; (d) explícita

epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer; e (e) introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual (figura 21).

O professor apresenta a tarefa como desafio; sintetiza dando informação adicional para os alunos conseguirem avançar na tarefa; solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; explícita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. O professor introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual (figura 21).

Percebendo a forma como diferentes professores trabalham o mesmo currículo em sala de aula, melhor se podem compreender possíveis diferenças que possam surgir na aprendizagem dos alunos.

Este professor, ao apresentar as tarefas, dá autoridade aos alunos para trabalharem autonomamente, em grupo ou individualmente, no sentido de poderem construir as suas aprendizagens, baseados na sua própria experiência. O professor circulava pelos grupos durante a aula e dava apoios pontuais, quando sentia que já faziam sentido para os alunos.

Através da análise das NM desde 2006 até 2012 verificou-se que estes esforços estão presentes com a componente de desafio em maior quantidade à medida que o tempo decorre, em que os alunos desenvolveram mais PE (um exemplo da grande influência no desenvolvimento de PE dos alunos é os esforços de "valorizar epistemicamente", "explícita epistemicamente" e permite que o aluno introduza e use artefacto também aumentaram consideravelmente ao longo das intervenções do professor (figura 21).

A prática do professor em sala de aula foi desenhada para tentar envolver os alunos nas aprendizagens, promovendo as actividades de tal forma que propiciassem discussão e trabalho colaborativo entre os alunos. Para levar a cabo este envolvimento, a mediação efectiva do professor em sala de aula, contempla inúmeros aspectos a que o professor deve estar atento, nomeadamente o estímulo à participação de todos os alunos, incentivo ao respeito pelos colegas, desenvolvimento das competências sociais e monitorização das actividades.

Verifica-se que o professor em 2006 tem de investir mais no envolvimento dos alunos na tarefa que em 2008 para "compensar" a sua menor qualidade (ver análise da tarefa acima). Além disso, em 2006 o esforço do professor é para desencadear o envolvimento dos alunos e em 2008, assim como em 2012 o esforço do professor é para potenciar o envolvimento dos alunos e não para o desencadear. Esta diferença deve-se essencialmente ao modo como está concebida a tarefa e à alteração da mediação do professor na introdução e uso dessa tarefa.

Dos esforços do professor que mais salientam na melhoria do envolvimento dos alunos na tarefa são: manter a tarefa como desafio, dar autoridade aos alunos, incentivar a problematização e incentivar o envolvimento na tarefa (figura 5).

Para além do cuidado a ter no desenho da tarefa e investimento para a sua alteração cada vez mais eficiente, o modo de a introduzir e a acompanhar pelo professor para que os alunos a executem mais eficazmente possível; São também importantes as reflexões que o professor (sozinho ou com as critical friends) faz e deve fazer acerca do que aconteceu e mediante isso como vai proceder com vista a um melhoramento da aprendizagem dos alunos.

4.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte na melhoria das práticas de ensino?

Ao longo dos sete anos de intervenção didáctica levada a cabo tentou-se, iterativamente, que o encadeamento de assuntos e actividades fizesse mais sentido sob o ponto de vista do aluno (Viegas, Lopes, & Cravino, 2009). Isto prendeu-se com o desenvolvimento profissional do professor do estudo fosse centrado em melhorar as práticas de ensino, tendo em vista a aprendizagem dos alunos (neste estudo analisadas através do envolvimento produtivo e das PE). As tarefas desenhadas e a mediação planeada visavam colmatar a consecução dos objectivos de aprendizagem delineados.

Com vista a responder à questão de investigação: *"Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?* analisou-se a relação entre os esforços do professor, as PE e envolvimento (4.1) o que mudou na prática e mediação (4.2) e toda a envolvente do desenvolvimento profissional do professor deste estudo.

Para se identificar o que pode desencadear na evolução da mediação é necessário fazer a análise macro do que acontece no percurso profissional do professor e da própria mediação do professor. Desde as primeiras aulas que houve evolução através da formulação das tarefas e da reflexão do professor e durante as aulas houve o surgimento, progressivo, de características do esforço do professor para melhorar PE dos alunos: o uso de representações visuais e artefactos, explicitar epistemicamente, valorizar epistemicamente e sintetizar.

Também a reflexão do professor, a utilização de artefactos, representações visuais, bem como a formulação de tarefas na mediação com vista à obtenção de práticas epistémicas e envolvimento produtivo dos alunos permite melhorar a qualidade das práticas de ensino.

Falemos particularmente da reflexão feita pelo professor durante os anos de intervenção.

4.3.1 A reflexão do professor

No segundo, quarto, quinto e sexto anos do estudo (entre as três implementações), o professor analisou as aulas a partir de 2006 refletindo na sua prática de ensino e nos trabalhos realizados pelos alunos. Nesta reflexão foram incluídos os esforços na preparação das aulas, na formulação das tarefas e as tentativas de promover PE. Houve colaboração nesta reflexão, pois as discussões e conselhos por parte do seu orientador de doutoramento et al., de profissão deram sugestões e dicas úteis, que este professor tomou em conta e foi implementando gradualmente na sua prática docente.

Estas reflexões foram baseadas sobre o que acontece na sala de aula, tomando como material de reflexão as NM de 2006 e de 2008 feitas nestes anos pelo professor.

Sendo uma NM um relato vivo que nos pode dar uma ideia o mais correta possível do que se passou em sala de aula, pois inclui tudo o que foi exposto debatido ou explorado assim como recursos reacções dos alunos expressividades do professor e até explicação de atitudes tomadas em alguns momentos.Sendo assim, uma narração permite não só ao próprio professor estar dentro da aula como a qualquer outro professor que leia a escrita da narração.

A riqueza da narração é que permite que até em grupo de professores se reflicta e se discuta sobre momentos mais bem conseguidos e outros menos.Após análise e discussão destas narrações é possível melhorar em aulas do próprio professor e dos outros, bem como com publicações se pode transpor para todo um universo de profissionais de ensino.

Durante as reuniões, o investigador apresentava uma ou várias perguntas, todos os professores pensavam sobre o assunto e todos eles expressaram a sua opinião, gerando discussão de forma a esclarecer alguns pontos. O planeamento das aulas do professor também foi objecto de discussão neste grupo de trabalho. As sugestões dadas pelos colegas ou investigadores para melhorar o desempenho do professor e da aprendizagem dos alunos também foram discutidas. As várias opiniões emitidas durante estas discussões foram registadas pelo professor-investigador, e foram testadas em sala de aula.

O professor-investigador construiu uma base de conhecimentos e habilidades didácticas para promover a aprendizagem dos alunos mais eficazmente, porque a reflexão o ajudou a reflectir melhor, a ver e a verificar que há aspectos da acção ou do discurso menos

bem conseguidas durante a aula. O professor em causa foi modificando as suas práticas, em particular no planeamento destas e na formulação da tarefa, bem como na sua implementação tentativamente durante 2007. Fez a mesma atuação nos anos entre a segunda e a terceira implementação que foi em 2009, 2010 e 2011. A tarefa, como já foi mencionado, tornou-se mais aberta, permitindo maior autonomia aos alunos. A mediação do professor começou por usar diferentes esforços que promovessem maiores sequências de PE produzidas pelos alunos sem a intervenção do professor.

Durante os seis anos de estudo, o professor deste caso teve uma evolução notória no desenvolvimento profissional em termos de sua acção, mediação e aprendizagem dos alunos em sala de aula, que foi acompanhada por uma reflexão académica traduzida numa actividade de publicação cada vez mais consistente.

Esta mudança ocorreu porque o professor queria melhorar e estava disposto a assumir riscos inerentes às inovações educacionais e de enfrentar a insegurança de novas abordagens.

Este desenvolvimento profissional está ligado também à experiência adquirida nos seis anos de intervenção e no âmbito dos projectos de investigação, "Princípios orientadores e ferramentas para desenvolver a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula - *PTDC/CED/66699/2006"* e "O papel da mediação do professor usando simulações computacionais para melhorar a aprendizagem de Ciências Físicas e da Engenharia- *PTDC/CPE-CED/112303/2009".* Estes projectos eram baseados nas intervenções visando a mediação do professor em sala de aula. Neste caso, o objecto de estudo foi a mediação efectiva em sala de aula e as reflexões que se podiam conduzir no sentido de a melhorar.

4.3.1.1 Reflexões acerca da mediação

O professor - investigador, com base na audição das aulas, narrações e com na análise dos dados apresentados, pode não realizar apenas uma auto-reflexão, mas também comparando com a mediação efectuada pelas suas critical friends, suportar melhor as suas ilações.

A categorização foi na unidade de análise Interacção (micro) mas a análise de resultados foi à escala do episódio (meso).

Esta análise ao clarificar alguns aspectos importantes acerca da aprendizagem dos alunos, pode ajudar a compreender que traços de mediação podem os professores praticar e percepcionar formas de conseguir melhorá-la.

Assim, após construção e análise das suas narrações constatou-se:

A importância que pode ter captar a atenção dos alunos antes de iniciar o debate de um novo assunto; a narração elucida de uma forma marcante a importância desta abordagem, sendo desta maneira muito mais fácil de mostrá-la a terceiros; podem funcionar como sistemáticos momentos de grande importância na aula, que deixe os alunos atentos ao seu desfecho;

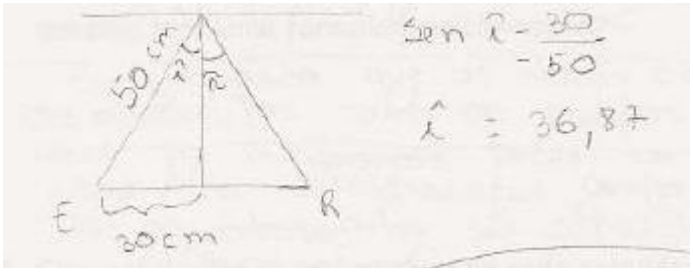
Em 2008:

Após 6 minutos - Professora: Como é que vocês ficam com isso registado? Não é melhor por aí uma folha branca em baixo para registar? (Isto para os alunos medirem os ângulos que faz o receptor e o emissor com a normal, a fim de saberem qual o ângulo ao qual há melhor reflexão ou transmissão, etc)

Aluno responde dizendo que é melhor ideia. No entanto outro aluno afirmou poder registar com giz em cima da carteira.

Professora: Estão todos a seguir aquilo que o Miguel está a fazer e a Rita? Miguel vá explicando aos seus colegas, porque eles podem não concordar…

Miguel explica que medindo os lados do triângulo formado pelo emissor, receptor e obstáculo podem saber o ângulo de incidência e o de reflexão. Como se apresenta a seguir desenhado pela Rita.



- Por vezes o professor não ouve todos os alunos, por falarem baixo, ou vários ao mesmo tempo; como neste tipo de aula é pretendida a participação de todos, se este tipo de acontecimento ocorrer ao mesmo aluno mais do que uma vez, poderá levá-lo a desmotivar, assim, o professor poderá contornar este facto tentando, por exemplo, que após a discussão entre eles, o professor questione o aluno sobre o que está a fazer ou o que está a entender de modo a que este defenda a sua posição, enquanto aluno;

  Em 2006:

  "(P) – Então não sabem em termos científicos. Volte a ler a hipótese.

  Um aluno do grupo 3 voltou a ler.

  (P) – O grupo 1 não se importa de repetir? Deram uma explicação do que o grupo 3 disse, deram uma explicação mais cientifica.

  (P) – E o grupo 2 que disse? Podem ler de novo? Um aluno do grupo 2 leu de novo a hipótese.

  (P) – Porque não está quantificada na amplitude?"

Em 2008:

"Professora: Como é que vocês ficam com isso registado? Não é melhor por aí uma folha branca em baixo para registar? (Isto para os alunos medirem os ângulos que faz o receptor e o emissor com a normal, a fim de saberem qual o ângulo ao qual há melhor reflexão ou transmissão, etc)

Aluno responde dizendo que é melhor ideia. No entanto outro aluno afirmou poder registar com giz em cima da carteira. Professora: Estão todos a seguir aquilo que o Miguel está a fazer e a Rita? Miguel vá explicando aos seus colegas, porque eles podem não concordar…"

- Na mesma linha da reflexão anterior, será também importante que o professor vá fazendo um apanhado no quadro do que os alunos vão dizendo, porque há argumentos que não são logo desmontados (por o professor considerar não ser momento ideal), mas que antes do fecho da discussão devem ser explicados e apagados do quadro, para que não restem dúvidas a nenhum aluno acerca do que estiveram a desenvolver;

Em 2012:

(P) – Observem os resultados de todos os grupos no quadro e verifiquem se estão de acordo com os resultados da simulação ou não. Se há falhas ou não.

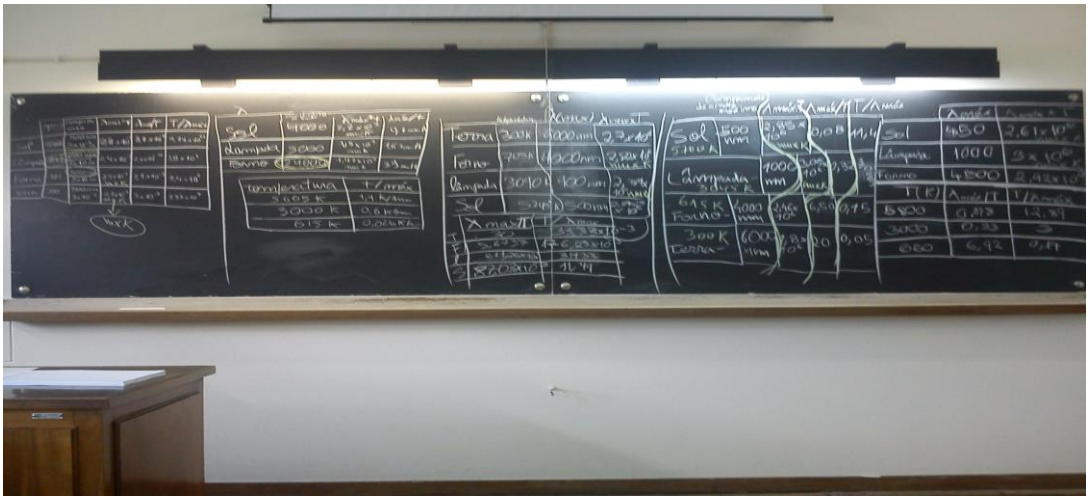


Figura 1. Registos dos resultados de cada grupo no quadro.

- A importância de permitir que os alunos tenham tempo para discutir os problemas propostos; para que o factor tempo não seja impeditivo de o fazer, será talvez mais producente propor menos problemas de discussão, mas permitir e fomentar que o façam autonomamente e colaborativamente com os colegas;

Em 2008:

"Professora: já podemos começar a discutir as vossas hipóteses de resposta? Vamos então? Já estão ai a ir para outros campos, vocês estão irrequietos, há ai gente ainda a responder… vamos começar? Sara já terminou?

Sara: Estou mesmo a terminar…

Professora: Está mesmo a terminar… Deixamos a Sara terminar?

(passado um bocado)

Professora: então vamos lá começar por este extremo, por exemplo, ou pelo meio é indiferente… o José vai ler a sua resposta…todos atentos.

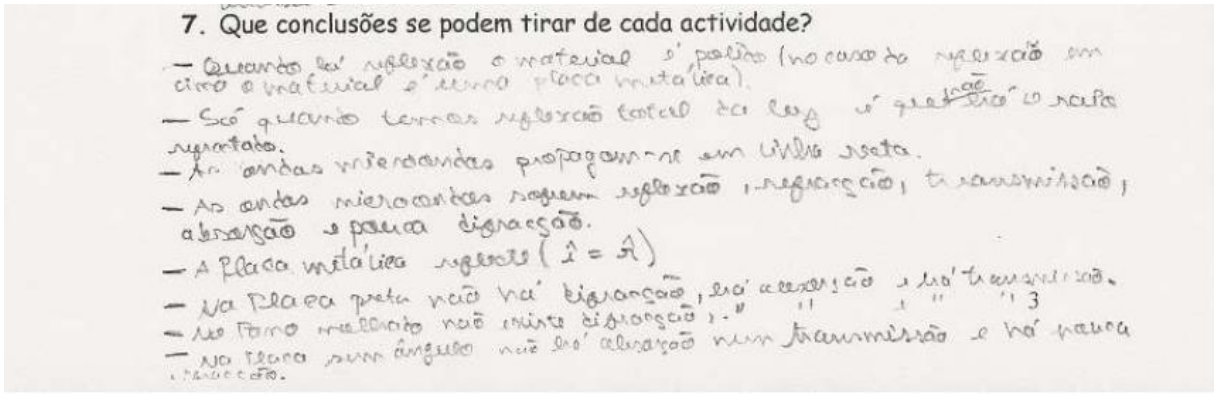
José: eu comecei pelo fim, professora

Professora: não faz mal…"

Lançar questões (de síntese) perto do final da aula, para que os alunos sintetizem, resumam o que aprenderam durante a aula e discutam entre todos;

Em 2008:

Professora: Eu não quero uma introdução, quero os finalmentes e é rápido senão vou recolher e não levam conclusão na correcção do protocolo… está bem, já toda a gente fez? Rui ramos, já fez? Então leia rápido que isto vai contar para nota. Rui lê.


7. Que conclusões se podem tirar de cada actividade?

- Só existe reflexão quando o $\hat{i} = \hat{r}$.
- Os materiais metálicos reflectem as ondas microondas.

Cont. da 7

Desta análise decorre que o cuidado que um professor poderá ter em permitir aos alunos fruírem de um papel verdadeiramente activo, dentro de uma sala de aula, poderá ser compensado não só no envolvimento dos alunos, sua motivação e interesse mas também a nível de competências e práticas epistémicas desenvolvidas.

O professor apresenta uma perspectiva mais próxima de uma tentativa de construção do conhecimento com os alunos, fazendo do ambiente de sala de aula um ambiente social de aprendizagem. Os debates que estimula entre os alunos servem de motor para a aprendizagem e para as discussões seguintes. Os resultados obtidos apontam para melhor percepção dos alunos face ao ensino e à sua aprendizagem, assim como ao desenvolvimento de competências num conjunto mais vasto de alunos.

A reflexão produzida através da análise da mediação do professor, permite clarificar a importância que alguns pormenores acabam por ter em sala de aula, podendo constituir uma chamada de atenção no sentido de melhorar a prática, confirmando a importância dos traços identificados, para o desenvolvimento de competências e melhoramento dos resultados escolares, nomeadamente: manter as tarefas como desafio (dando aos alunos a possibilidade de construírem o conhecimento); – permitir que os alunos trabalhem autonomamente (permitindo aos alunos terem tempo para pensar sobre as questões); – providenciar ajuda baseada em pistas, orientação e explicações apenas em momentos cruciais (permitindo que as explicações ou explanações do professor surjam após os alunos terem pensado sobre o assunto):

Em 2008:

"Professora: Não. É só uma representação esquemática, sabe o que isso é? Nós não fizemos refracção, mas já agora eu desafio-vos a imaginarem como seria a refracção, imagem num pano ou assim, como seria o esquema…? Diga? Não aceito? Aceito, aceito…

Professora: Sim, por exemplo… imagine com um pano ou placa metálica.

Aluno chama a professora ao lugar

Professora Ainda não está completo, pois não?

Eu sei que não professora"

– fomentar o trabalho colaborativo (discutindo com os colegas); – levar os alunos a mobilizar e interpretar as questões (lançando as questões conceptuais); – estimular que os alunos produzam trabalho real (pedindo que executem pequenas tarefas).

Em 2008:

Professora: Pronto, olhe faça como entender… ah… tem de fazer vários, para a gente entender. Está a ver? Mais, ande lá, vá… (passado 10 min) então já podemos começar a corrigir? Ou ainda não? Está tudo? Podemos começar a corrigir ou ainda não?

Não professora

Professora: Já fez tudo João? Fenómenos todos? Que fenómenos fez?

Reflexão, difracção e absorção

Professora: Faça também da refracção, complete.

Outro exemplo de 2008:

"Professora: Oh Rita quer ir ao quadro fazer? Vá… apague tudo, se faz favor. Vamos estar todos atentos, porque já vos vou perguntar a vocês se têm assim ou não e por que razão, sabe Miguel? Já está ou não?

Está

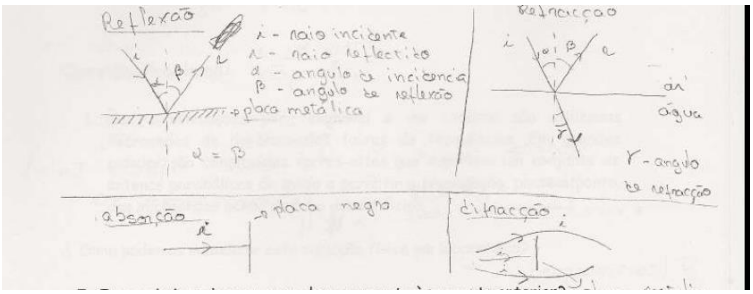


Fig ura 4 esquemas apresentados pela Rita no quadro para responder à questão 4.

Enquanto a Rita estava no quadro a fazer o esquema a Professora foi percorrendo carteira a carteira e questionando os alunos sobre cada esquema que tinham feito e tentar saber se entendiam o que estavam a fazer.”

4.3.2 Utilização de mediadores (representações visuais, artefactos)

A maneira como foram introduzidos os artefactos na tarefa, pelo professor, foi um fator importante no sentido de melhorar a influência do esforço do professor centrado na "apresentação da tarefa como desafio", (figura 26 e 27), para promover o uso de representações visuais e de artefactos pelos alunos e até mesmo a introdução de novos artefactos e de novas representações visuais.

A introdução de artefactos pelo professor (figura 19) diminui, mas a sua utilização pelos alunos aumentou muito em 2008 e em 2012. A introdução de artefactos e/ou representações visuais pelos alunos é a mesma nas três implementações no entanto, o uso desses artefactos pelos alunos aumentou de 2006 para 2012. Em 2008, o uso de artefactos pelos alunos promoveu PE do tipo 2 e tipo 3 dos alunos, mas, em 2006, promoveu apenas PE do tipo 1 e Tipo 2 e em 2012 promoveu PE do tipo Tipo 2 e Tipo 3 e em maior quantidade.

Nas três figuras seguintes apresentam-se a introdução de artefactos, bem como o seu uso desde 2006 até 2012. Também se pode verificar as PE obtidas com o uso dos artefactos.

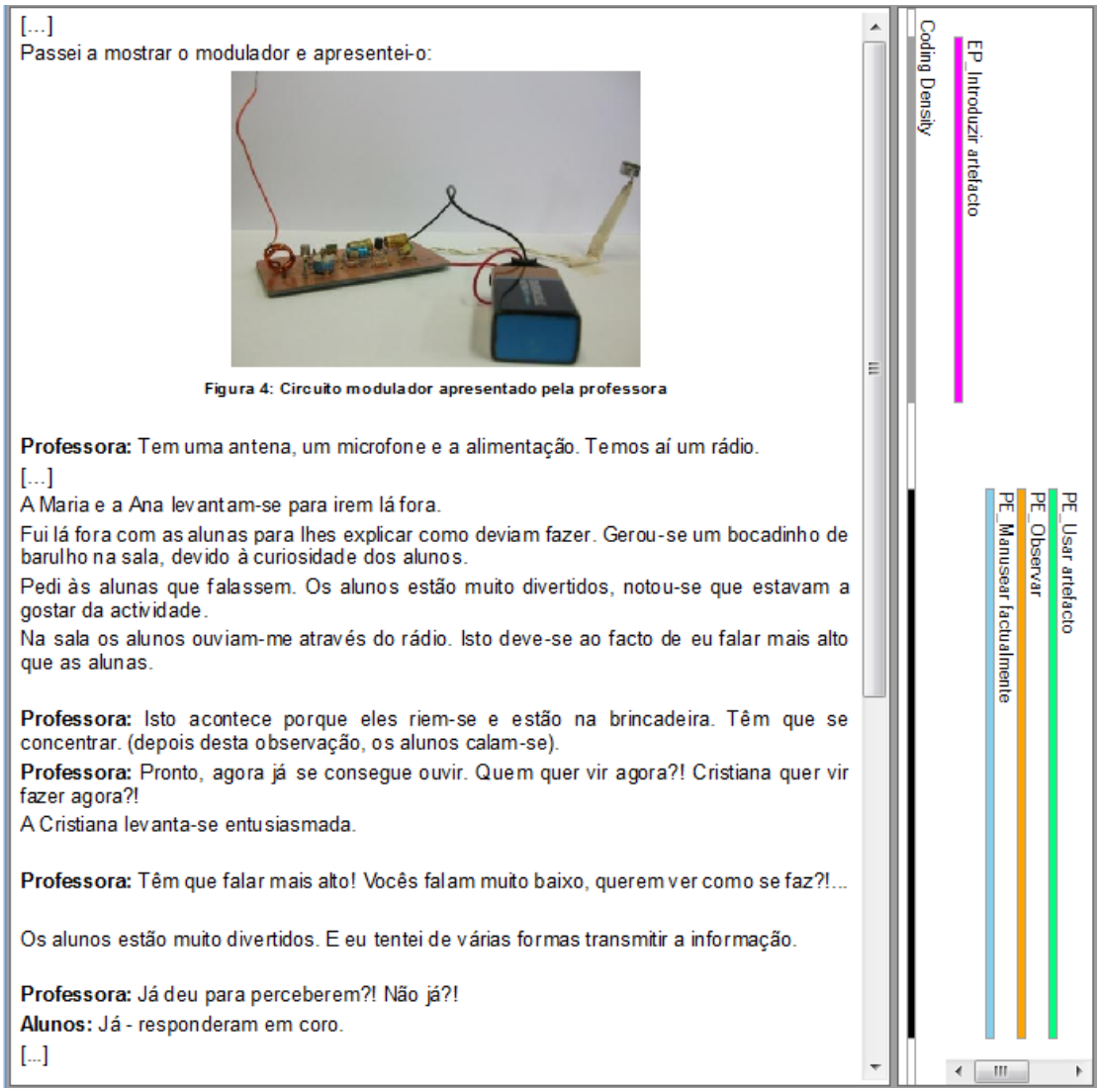


Figura 26. Excerto de uma NM, em 2006, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos.

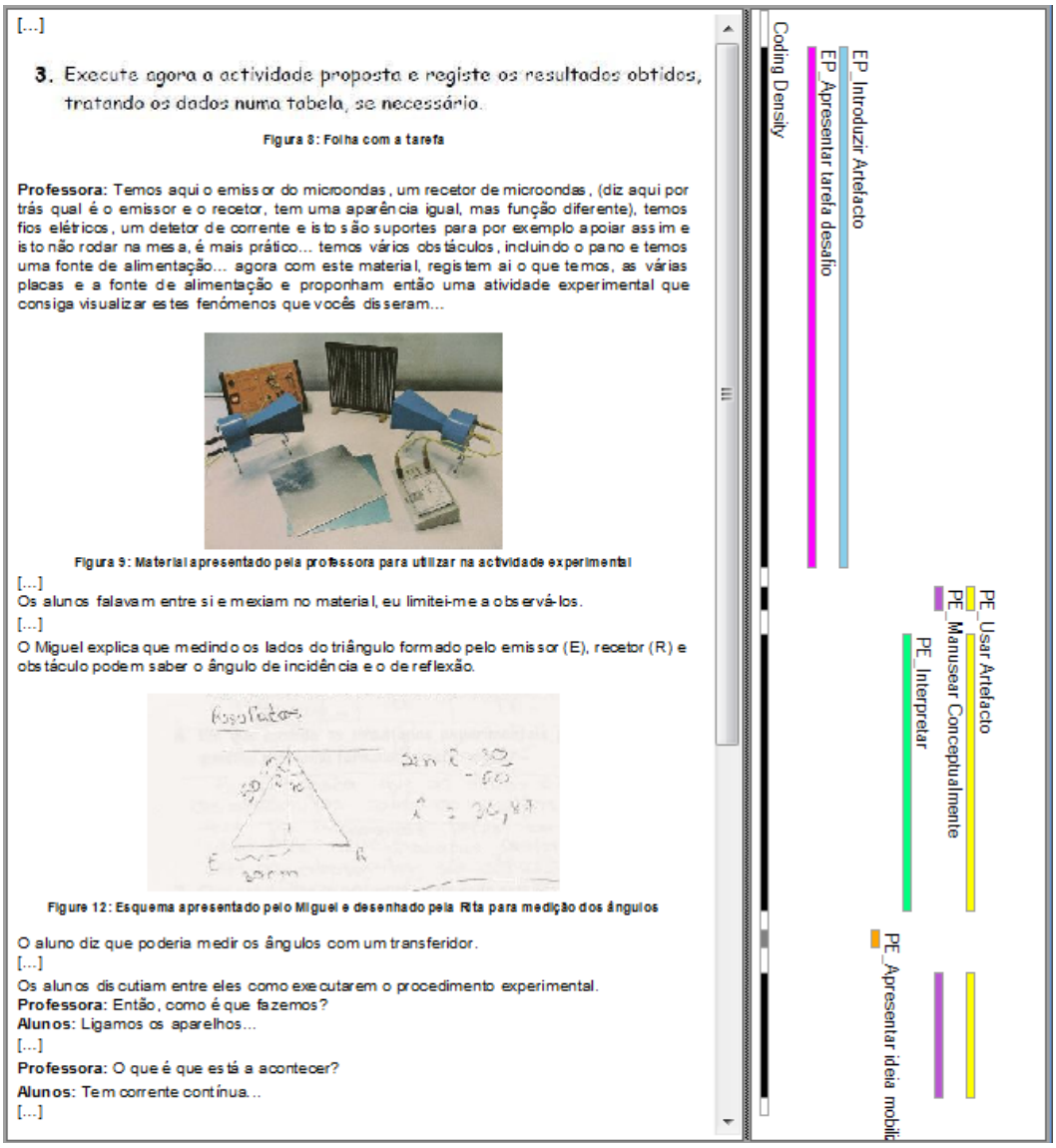


Figura 27. Excerto de uma NM, em 2008 e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos

A figura 26 mostra um excerto de uma NM de 2006, com um artefacto introduzido pelo professor e utilizado pelo professor e alguns alunos permitindo apenas "Observar" e "manusear factualmente" por parte dos alunos.

A figura 27 apresenta um excerto de uma NM, em 2008, com um artefacto introduzido pelos alunos e sua utilização permitindo "conceptualizar" e "comunicar de forma autónoma", bem como o uso de artefacto pelo professor em "tornar explícito epistemicamente" o trabalho dos alunos.

Em 2012, o excerto de uma NM desse ano, figura 28, onde se mostra que neste caso apenas a introdução de um artefacto permitiu aos alunos "usar representação", "usar o artefacto", "manusear conceptualmente", "introduzir representação", e "interpretar".

Ou seja, em 2008 e em 2012, o esforço do professor não é apenas para iniciar PE dos alunos, mas especialmente para melhorar o trabalho epistémico do aluno como ilustrado pelos excertos das figuras 26, 27 e 28.

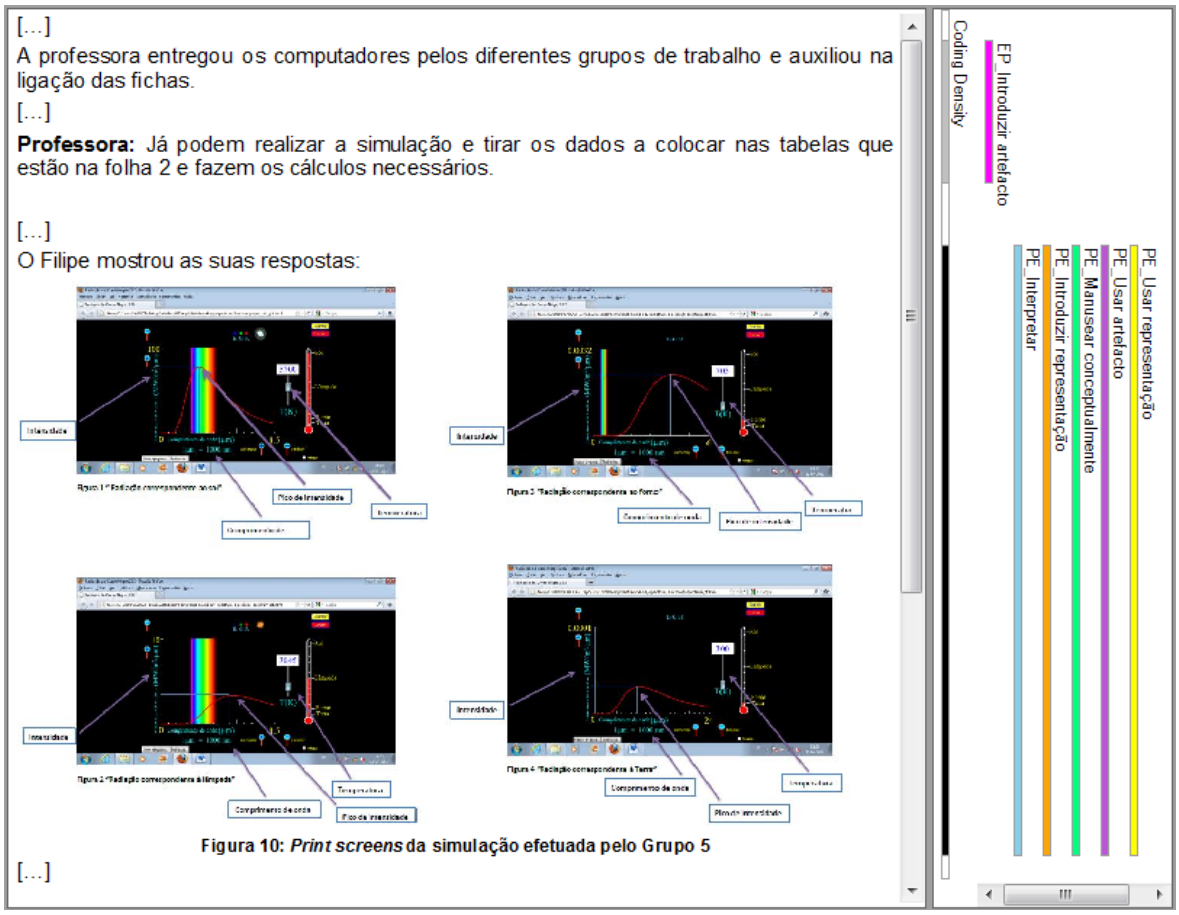


Figura 28. Excerto de uma NM, em 2012, e sua análise feita em NVivo8® relativamente ao professor "introduzir artefacto" e seu uso pelos alunos

A introdução de artefactos e/ou mediadores manipuláveis influenciou a mediação deste professor pois em cada ano introduzir e trabalhar os artefactos e as representações visuais foi feita de modo mais refinado de maneira que houve mais produção, aprendizagem por parte dos alunos.

4.3.3 Influência da formulação de tarefas na mediação do professor

As tarefas de cada ano seguem o mesmo *design* e estrutura (tabela 2). No entanto, a formulação da tarefa em cada implementação, como analisado antes mudou de 2006 até 2012: o número de tarefas diminui, a formulação passou a ser mais clara e aberta, permitindo que os alunos tenham mais controlo e autonomia nas suas acções, aumentando o número médio de PE dos alunos desde 2006 até 2012.

Por exemplo, em 2008 e em 2012, a folha experimental contém a situação física, que estava ausente em 2006 (ver secção acima "design tarefa experimental e abordagem de ensino"). Em 2008 assim como em 2012, o trabalho experimental pedia um planeamento da atividade experimental e à posterior a sua execução da atividade, mas em 2006 é muito orientada, o professor explicita todos os passos que os alunos precisam de fazer para realizar a actividade experimental. Em 2008 tal como em 2012, o registo e o tratamento de dados é feito e decidido pelos alunos, o que não acontece em 2006. No tipo de tarefa T5 (tabela 2), há claramente um grande investimento por parte do professor (em 2008) para solicitar conclusões que permitam uma autonomia dos alunos ligeiramente superior em relação a 2006 e em 2012 ainda se exige o mesmo com um grau de liberdade muito maior. Em 2008, a formulação da tarefa (mais clara e mais aberta) desencadeia uma mediação do professor diferente. Em 2012 o professor apenas é um vigilante da atuação dos alunos. A principal característica é que o professor não precisa de se concentrar apenas em solicitar aspetos adicionais permitindo-lhe que ele faça um conjunto mais diversificado de esforços para melhorar as PE dos alunos.

4.3.4 Desenho da mediação

Nesta secção pretende-se evidenciar as modificações a nível do desenho da mediação do professor. Foram realizadas várias reuniões com o orientador e as critical friends, de forma a acordar como implementar o currículo da disciplina. Foram estabelecidas algumas directrizes sobre a mediação planeada para sala de aula e foram clarificados alguns aspectos essenciais, tais como a importância de deixar os alunos trabalhar autonomamente ou de propiciar um bom ambiente de aprendizagem em que os alunos se sentissem à vontade para tirar dúvidas. Procurou-se também introduzir no desenho da mediação o que vinha da investigação e o que vinha da reflexão do professor.

Diversificaram-se e intensificaram-se esforços no sentido de envolver os alunos na aprendizagem: os alunos passaram a ser mais solicitados a realizar tarefas reais, passando o papel do professor a ter um cariz diferente, promovendo discussões entre os alunos.

O professor deve fomentar na sala de aula envolver o aluno na reconstrução do seu conhecimento. Indiciar o desenho da mediação, de modo a representar as indicações fornecidas relativamente às tarefas para trabalhar individualmente ou em grupo e se elas deveriam ser acompanhadas de algum tipo de discussão (com a turma, com cada grupo ou com cada aluno). Uma vez que o que está a ser avaliado é o desenho da mediação, a análise baseia-se nos documentos que foram elaborados no sentido de explicitar qual deveria ser a mediação do professor em sala de aula, procurando indícios acerca do tipo de trabalho que as diferentes tarefas devem fomentar (tabela 12 Excertos de NM para a apresentação da tarefa como desafio).

A mediação desenhada, ou seja, se a tarefa deve ser ou não apresentada pelo professor promovendo ligações com aquilo que os alunos já sabem, colocando-os perante a percepção nítida da necessidade e pertinência do que estão a desenvolver. A forma como o professor apresenta as tarefas e permite que os alunos as trabalhem, pode condicionar a sua contextualização. (tabela 20 Excertos de NM para a apresentação da tarefa T3).

O desenho da estruturação do trabalho do aluno, pretende avaliar que tipo indicações estão subjacentes na mediação desenhada, relativamente ao trabalho real que o aluno tem efectivamente de realizar. O foco de análise é identificar os indicadores que permitem perceber melhor se a mediação desenhada dava indicações ao professor neste sentido, percebendo ele melhor o tempo e apoio que deveria disponibilizar em cada tarefa.

4.3.5 Indicadores do desenvolvimento profissional

O desenvolvimento profissional é um processo reflexivo e contínuo que se preocupa com as necessidades pessoais do professor. Pressupõe uma aprendizagem ao longo de toda a carreira, em contextos diversificados em que o professor assume um papel fundamental, sendo as suas potencialidades valorizadas.

O desenvolvimento profissional deste professor é evidenciado por vários indicadores de mudanças qualitativas, que passamos a enunciar e o ano de ocorrência/consolidação:

1- Melhoramento na concepção das tarefas, mais clara e aberta no sentido de dar mais autoridade ao aluno (2007/2008 a tarefa passou a ser mais aberta e passou a

pedir conclusões fazendo-as ligar ao problema; 2011/2012 as tarefas passaram a ser mais claras e específicas);

2- Alteração da mediação no sentido de diversificar e intensificar esforços para envolver os alunos na aprendizagem: os alunos passaram a ser mais solicitados a realizar tarefas reais, passando o papel do professor a ter um cariz diferente, promovendo discussões entre os alunos (2007/2008 obriga os alunos a registar tudo o wque fazem, observam, resultados e conclusões, e dá-lhes mais autoridade (coloca a questão ou manda fazer e deixa-os fazer sozinhos só os questionando após terem registado tudo); em 2010/2011 a prática passa a ser mais epistémica: dá mais autoridade, promove a aquisição de competências, exige que vão buscar mais em pormenor os conceitos, passa a haver valorização epistémica);
3- Pesquisa de informação pelo professor sobre um dado assunto relacionado com a leccionação da disciplina ou com o trabalho de investigação tornou-se mais fácil, dircionado/focado e eficaz. Passou a ser mais afinada com a integração nos projectos de investigação;
4- A reflexão feita após as suas aulas e com as suas colegas em grupo ou em reuniões passou a ser mais fina, vista mais ao pormenor e com critérios de avaliação da mesma e possível alteração de melhoramento. A partir de 2007/2008 as reflexões sobre práticas de ensino passou a ser feita com base nas NM (as quais eram elaboradas com base na recolha de dados multimodais). As alterações mais relevantes decorrentes da reflexão ocorreram simultaneamente com a alteração da concepção das tarefas e da mediação que aconteceu nos anos de 2007/2008 e 2010/2011;
5- A planificação das tarefas e de outras atuações em sala de aula passou a ser menos formal e mais substancial; ou seja mais dirigida para a qualidade de práticas que permitam a aquisição de conhecimento e de competências. Esta alteração começou a acontecer em 2008/2009;
6- A elaboração de artigos para posterior publicação passou a ser para este professor uma tarefa conseguida; Com a publicação de artigos divulgando o que se passa em sala de aula ajuda outros profissionais a melhorar também as suas práticas de ensino.

Após a apresentação dos resultados é importante agora tecer algumas considerações acerca desses resultados fazendo uma breve discussão sobre os mesmos, tendo por orientação

base as questões de investigação. Assim, são discutidos os resultados que permitiram responder a cada questão de investigação apresentando-se os pontos 5.1, 5.2 e 5.3 para as questões de investigação 1, 2, 3 respetivamente.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este trabalho visa contribuir para o aumento da eficácia do ensino de Física e Química A no Ensino Secundário ajudando a dar resposta ao problema de investigação tomado: *como se pode promover o desenvolvimento profissional autodirigido, de forma a que a qualidade das práticas de ensino em sala de aula de um professor de Ciências Físicas se manifeste no desenho das tarefas experimentais e na mediação do professor em sala de aula para influenciar a qualidade das aprendizagens dos alunos, designadamente em termos do seu envolvimento nas tarefas e nas práticas epistémicas?*

Foi assumido um papel duplo de professor e investigador, com vista a cruzar as evidências teóricas com as evidências empíricas e através dos condicionalismos sentidos na prática efectiva ser possível construir conclusões, o mais próximas possível de uma resposta realista e representativa.

Este estudo teve como foco a evolução de um professor preocupado em melhorar a eficácia da mediação do professor, em termos das PE e do envolvimento produtivo dos alunos. O professor tinha dois desafios: (a) alterar a natureza da tarefa experimental concebendo-a tendo em conta as contribuições da pesquisa (por exemplo, Abrahams & Milar, 2008; Chinn & Malhotra, 2002), (b) mudar o papel do professor em aspectos relevantes de modo a melhorar PE e envolvimento dos estudantes (Enfield, Smith, & Grueber, 2008; Cunha et al., 2012b). Além de mudar o papel do professor para produzir PE e envolvimento, a pesquisa deixa claro que o planeamento de ensino, não é suficiente para mudar a prática docente (Taitelbaum, Mamlok-Naaman, Carmeli & Hofstein, 2008; Uzuntiryaki, Boz, Kirbulut, & Bektas, 2009) e que a aprendizagem dos alunos será sempre muito dependente da forma como os alunos serão capazes de trabalhar em sala de aula, interagindo dentro do ambiente sócio-cultural disponível (Leach & Scott, 2003; Lopes, Cravino, & Silva, 2010c). Assim, o trabalho do professor-investigador (antes e durante as aulas) foi moldado pela intenção do professor, característica essencial da educação (Le Moigne, 2007), de melhorar a sua mediação.

Neste contexto, a utilização de apenas 10 relatos multimodais podem ser uma limitação. No entanto, as dez NM abrangem todas as aulas em cada ano (2006, 2008 e 2012) utilizados para abordar, experimentalmente, o assunto considerado.

5.1 Quais as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

Apresentam-se agora os principais resultados deste estudo com vista à resposta à questão de investigação, que dá título a esta secção, seguindo-se a discussão desses resultados.

5.1.1 Práticas do professor – envolvimento dos alunos

Começa-se então por apresentar e discutir os quatro principais resultados relativos à relação entre as práticas do professor e o envolvimento dos alunos.

I Os padrões de relação entre as práticas do professor e o envolvimento dos alunos podem-se apresentar em quatro grandes grupos:

(a) O professor apresenta a tarefa como desafio, solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos e envolve-os na tarefa. Os alunos envolvem-se na execução da tarefa e têm produção escrita.

(b) O professor apresenta a tarefa como desafio; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio. Respondendo a estas solicitações do professor os alunos envolvem-se realmente na tarefa, mostrando iniciativa e produção escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental os resultados da aprendizagem efectuada.

(c) O professor apresenta a tarefa como desafio; coloca tarefas subsidiárias; envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sozinhos; incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. Disponibiliza recursos para a execução da mesma; Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa e produção na atuação, escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental e executando com os aparatus o que se pretende com a tarefa. Por vezes os alunos

têm um envolvimento emocional (quer na positiva, quer na negativa) ou até por alguns momentos nem se envolve na tarefa ao que o professor intervem para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.

(d) O professor apresenta a tarefa como desafio; tendo sempre presente a informação anterior necessária para a tarefa, disponibiliza recursos, envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para a executarem sózinhos. Também os incentiva a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio. Monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer. Os alunos envolvem-se realmente na execução da tarefa, mostrando iniciativa e produção nos seus actos, escrita e oral, ou seja verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa, registando na ficha experimental e executando com os aparatus o que se pretende com a tarefa. Por alguns momentos os alunos não se envolvem na tarefa, tendo envolvimento emocional (positivo ou negativo) ao que o professor intervém para monitorizar e corrigir esse não envolvimento.

II Os esforços feitos palo professor mais relevantes para permitir envolvimento produtivo nos alunos foram: (a) manter a tarefa como desafio; (b) dar autoridade; (c) incentivar o envolvimento; (d) permitir e incentivar a problematização; (e) corrigir e monitorizar o envolvimento; Estas alterações provocaram um maior envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Assim, os alunos passaram a ter mais iniciativa e a ter maior produtividade escrita, maior produtividade oral e a ter maior frequência de manuseamento por aula.

III Identificaram-se 6 formas que o professor usou ao longo do período analisado, para manter a tarefa como desafio que permitiu que os alunos trabalhassem de forma autónoma (ver tabela 12).

IV Da análise verificou-se que, de um modo geral, a produtividade dos alunos está relacionada com o seu envolvimento na disciplina e consequentemente do trabalho epistémico dos alunos. Ao haver produção científica por parte do aluno, há aquisição de conhecimento porque este escreve, comunica e executa a tarefa. Verificou-se que para isto acontecer o aluno estava realmente envolvido na tarefa manifestando práticas epistémica de tipo 3 como sejam manuseiar conceptualmente, estabelecer relações entre variáveis, comunicar autonomamente, avaliar criticamente os resultados e usar o artefacto.

A manipulação de recursos para os alunos poderem trabalhar de forma autónoma é concordante com o trabalho de Engle e Conant (2001) no sentido em que fornecer recursos é fundamental para os alunos se envolverem, mas neste estudo fica claro que o professor tem de, por vezes, manipular os recursos para que os alunos possam utilizá-los com mais proficiência. O apoio e a autoridade dada aos alunos durante o seu trabalho (no caso experimental ou simulação computacional) (Engle & Conant, 2002; Felder et al., 2000; Redish, 2003; Reiser, 2004; Scott, Mortimer & Aguiar, 2006) são fulcrais para que este se envolva verdadeiramente na sua aprendizagem. O esforço do professor para epistemologicamente valorizar o trabalho dos alunos não se resume a provocar a sua emoção ou a motivá-los. É claro que esta ação docente tem o potencial de envolver o aluno produtivamente (Engle & Conant, 2002).

Os papéis que alunos e professores têm na aula, a forma como apresentam as tarefas e o tipo de suporte dado, é de crucial importância para percepcionar a oportunidade de os alunos se envolverem em trabalho realmente produtivo. É muito importante que os professores tenham em conta a contextualização promovida durante a aprendizagem para que durante o trabalho com os alunos, eles possam de facto percepcionar a pertinência do que estão a desenvolver (Duit et al., 2007; Lopes, 2004; Stinner, 1994).

Genericamente pode-se afirmar que os nossos resultados estão de acordo com a literatura. No entanto, se olharmos em pormenor verificamos algumas diferenças que na actuação do professor que fazem envolver os alunos na tarefa e na construção do seu conhecimento científico. Esses aspectos específicos constituem o valor do nosso trabalho para acrescentar à literatura científica desta área.

(a) Há actuações que revelaram criação de envolvimento nos alunos de uma forma diferente e que as relações entre o esforço do professor para criar envolvimento nos alunos não foi uniforme. E dependendo da mediação do professor pode deixar de haver envolvimento ou este ser produtivo nas várias vertentes. Como já se verificou um dos esforços deste professor para envolver os alunos produtivamente é apresentar a tarefa como desafio e fundamentalmente mantê-la como desafio

É evidente que a evolução da mediação do professor não foi uniforme, variando de acordo com o tipo de tarefas. A atuação do professor, quer usando o trabalho experimental, quer usando a simulação computacional, para um dado conteúdo, tarefa e nível de ensino, provocaram um

envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Esta afirmação tem como fundamento os resultados obtidos que comprovam na prática as relações entre atuações do professor e consequente reacção dos alunos, e isto constitui um progresso na investigação relativamente a este conhecimento.

(b) Emergiram através deste estudo longitudinal, diversas formas de o professor manter a tarefa como desafio sem deixar de intervir e ajudar os alunos. As formas identificadas foram: Indica/manipula recursos para os alunos poderem trabalhar de forma autónoma; Pede clarificação aos alunos sobre o desafio que estão a abordar; Permite que os alunos testem ideias privadas; Pede explicações sobre resultados não expectáveis; Pede ajuda aos alunos quando pretende avançar ou orientar trabalho dos alunos; Incentiva a que os alunos controlem o tempo. O facto de este professor manter a tarefa como desafio a maior parte das vezes na sua atuação permite que os alunos se envolvam e aprendam a envolver-se autonomamente na sua aprendizagem. Isto verificou-se de uma forma crescente ao longo dos anos de atuação deste professor no qual teve como intervenção fundamental o seu desenvolvimento profissional e a sua predisposição para evoluir na sua actividade enquanto agente de ensino.

(c) Nos 4 grandes grupos de relações entre o esforço do professor e o envolvimento dos alunos verificou-se que pequenas alterações de esforços do professor (e.g., apresenta a tarefa como desafio; coloca tarefas subsidiárias ao trabalho desenvolvido pelos alunos, envolve-os na tarefa dando-lhes autoridade para executarem sozinhos a tarefa; incentiva-os a envolverem-se na execução da tarefa, mantendo a tarefa como desafio, permitindo ou incentivando também a problematização. disponibiliza recursos e monitoriza e corrige o envolvimento sempre que vê ser necessário para o fazer), faz diferenças importantes na promoção de iniciativa dos alunos e no aumento da sua produtividade.

5.1.2 Práticas do professor – práticas epistémicas dos alunos

Os principais quatro resultados relativos à relação entre práticas do professor e PE dos alunos são:

I - Os esforços do professor que tiveram maior impacte nas PE dos alunos e que tiveram maior evolução ao longo do tempo deste estudo, são: (a) sintetiza, (b) solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; (c) valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; (d) explícita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer; e (e) introduz o artefacto, e/ou introduz e usa a representação visual.

- A inclusão progressiva e cumulativa dos esforços de, "tornar explícito epistemologicamente", "valorizar epistemologicamente" e "introdução e uso de artefacto ou de representações visuais" significou um aumento da intencionalidade epistémica da mediação do professor e aumentou a qualidade e quiantidade de PEs

- Quando o professor percepciona um aumento da qualidade epistémica dos alunos (no caso de " valorizar epistemologicamente "), a mediação do professor é eficaz para melhorar a quantidade e a qualidade das PE dos alunos.

No entanto, quando o professor valorizar epistemologicamente ele sinaliza e regista um marco epistémico do trabalho dos alunos. Os resultados mostram que há uma forte ligação entre as características de mediação de professores com as PE e o envolvimento dos alunos.

II- As práticas detectadas deste professor que tiveram influência directa na promoção de PE do aluno podem-se apresentar em três grandes grupos (A1 e A2; B1 e B2; B3, B4 e B5):

(a) – Este grupo tem a maior variedade de esforços do professor. O professor apresenta a tarefa como desafio; sintetiza dando informação adicional para os alunos conseguirem avançar na tarefa; solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos; valoriza epistemicamente as ideias dos alunos; explícita epistemicamente o trabalho feito pelos alunos ou que ainda falta fazer. O professor introduz o artefacto, e introduz e usa a representação visual. É também neste grupo que existem a maior variedade de práticas epistémicas dos alunos, nos diferentes tipos de trabalho epistémico. Os alunos observam o ecrã do computador ou interpretam os resultados obtidos com a SC. Inicialmente, os alunos manuseiam o artefacto (SC) factualmente, mas depois de ficarem mais familiarizados, passam a manusear conceptualmente. Os alunos estabelecem relações entre variáveis, organizam

informação e comunicam autonomamente os resultados obtidos na SC; identificam condições empíricas que estão presentes na SC; questionam factualmente acerca do procedimento da tarefa ou relativamente à SC; avaliar criticamente os resultados obtidos e comunicar não autonomamente relativamente aos resultados obtido com a SC. Os alunos usam o artefacto; e introduzem e usam a representação visual.

(b) É apenas neste grupo que surge o esforço do professor para extender, no entanto o professor também apresenta a tarefa como desafio; sintetiza o trabalho dos alunos no sentido de estes verificarem se a resposta está completa; solicita aspectos adicionais ao trabalho desenvolvido pelos alunos e torna explícito o trabalho feito pelos alunos, ou o que ainda falta fazer. As PE dos alunos são: organizam informações que recolhem do livro; conceptualizar; comunicar não autonomamente a resposta final da tarefa e avaliar criticamente as suas ideias ou as dos colegas. Além disso, os alunos induzem e usam a representação visual.

(c) O professor apresenta a tarefa desafio, solicita aspectos adicionais ao trabalho dos alunos e por vezes introduz o artefacto. Os alunos interpretam e avaliam criticamente; estabelecem relações entre variáveis; comunicam não autonomamente e autonomamente, manuseiam factualmente o artefacto e organizam informação recolhida.

As duas mudanças importantes verificadas consistem no acréstimo à mediação base (apresentar a tarefa como desafio e solicitar aspectos adicionais):

(a) nos grupos B3 a B5 (tarefas T1, T3, T4, T5 e B2) o aparecimento de esforços do tipo explicitar epistemicamente e estender, grupo B1;

(b) a existência simultânea dos esforços do professor de apresentar a tarefa como desafio e solicitar aspectos adicionais, explicitar epistemicamente, valorizar epistémicamente e introduz artefacto e introduz e usa a representação visual (A1 e A2 e nas tarefas T2 e T3).

Os alunos inicialmente apenas apresentam como PE “interpretar e avaliar criticamente; estabelecer relações entre variáveis; comunicam não autonomamente”, passando para a situação de B1 (T1 e T4) em que os alunos “organizam informação; estabelecem relações entre variáveis; comunicam não autonomamente; avaliam criticamente e induzem e usam a representação visual. Na mudança (b) verifica-se uma evolução mais significativa na produção de PE por parte dos alunos, que consistem em: interpretar os resultados; inicialmente, os alunos manuseiam o artefacto (SC) factualmente, mas depois de ficarem mais

familiarizados, passam a manusear conceptualmente; estabelecem relações entre variáveis, organizam informação e comunicam autonomamente; identificam condições empíricas; questionam factualmente acerca do procedimento da tarefa; avaliam criticamente; usam o artefacto; e introduzem e usam a representação visual. Estes resultados revelam um melhoramento na independencia da atuação dos alunos, consequentemente maior aprendizagem e atuação do professor mais eficaz.

III -Em termos globais, os esforços do professor estão relacionadas com mais ou menos actividade epistémica dos alunos: mais quantidade e diversidade dos esforços do professor implica maior quantidade e diversidade de actividades epistémicas dos alunos. Em particular, existem três tipos de esforço do professor que têm um papel importante na mediação de professores para melhorar as PE dos alunos (quantidade e variedade): "valorizar epistemicamente", "usar representações visuais e/ou artefactos " e "explicitar epistemicamente". Além disso, a sua existência explicam as duas mudanças referidas em II.

IV – Aspectos marcantes na evolução da mediação do professor ao longo das implementações:

(a) Se a mediação do professor é mais rica (variedade de esforços e menos centrada no professor) mais ricas são as PE dos alunos (frequência, diversidade, equilíbrio de práticas epistémicas por tipo);

(b) Há uma evolução da mediação do professor de 2006 para 2008 e de 2008 para 2012, mas esta evolução não é uniforme, varia de acordo com o tipo de tarefa. Nos tipos de tarefa T1 e T5 as características básicas da mediação não mudam.

Existem na literatura referências significativas sobre o ensino e a promoção de práticas epistémicas (e.g., Engle & Conant, 2002; Kelly, Brown, & Crawford, 2000; Lopes et al., 2008a; Lopes et al., 2011) que mostram quão importantes são essas práticas na qualidade das aprendizagens. Se for o aluno a interpretar o problema, identificar as condições empíricas e modelizar a situação física para o tentar resolver facilita a evolução no seu estado de conhecimento e assim é mais produtivo em termos epistémicos (Lopes et al., 2008a).

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

(por exemplo, Dean Jr. & Kuhn, (2007) e certas dimensões da prática docente, em particular a aprendizagem experiente fornecida em termos de práticas epistémicas, (Lopes et al., 2011) está associada com o desenvolvimento de certas competências. Neste estudo, foi relacionado o que o professor faz com a qualidade das PE dos alunos. Os resultados apoiam a alegação de que, quando o professor percepciona um aumento da qualidade epistémica dos alunos (no caso de " valorizar epistemologicamente"), a mediação do professor é eficaz para melhorar a quantidade e a qualidade dos PE dos alunos.

Apesar de os nossos resultados estarem de acordo genericamente com a literatura, salientam-se alguns aspectos que acrescentam conhecimento novo:

(a) Das relações entre o esforço do professor para promover PE e as PE dos alunos salientaram-se três tipos de esforço do professor "valorizar epistemicamente", "usar representações visuais e/ou artefactos " e "explicitar epistemicamente", tiveram um papel preponderante para melhorar as PE dos alunos (quantidade e variedade). O uso destes esforços cumulativamente e frequentemente leva a que os alunos tenham práticas epistémicas do tipo: “observar”, “interpretar”, “estabelecer relações”, “comunicar autonomamente” e “avaliar criticamente”, que revelam a utilização de competências e de aprendizagem conceptual num nível superior;

(b) A mediação base deste professor, no sentido de se esforçar para promover a emergência de práticas epistémicas, foi: apresentar as tarefas como desafio e solicitar aspectos adicionais. A partir destes aspectos é que foi possível passar para as outras mediações mais evoluídas B1 e B2 e A1 e A2, ou seja com maior impacte nas PE dos alunos;

(c) É possível melhorar a mediação do professor, em particular, a eficácia das práticas de ensino do professor. Todavia os resultados mostraram que não é uma mudança fácil,pois as características básicas da mediação para determinados tipos de tarefas, mantêm-se ao longo do tempo. No entanto, numa análise mais fina há características em pormenor que foram alteradas e que têm consequências positivas na aprendizagem dos alunos, como por exemplo: valorizar epistemicamente e explicitar epistemicamente e o uso de artefactos ou representações visuais são importantes na mediação deste professor.

5.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

Apresentam-se agora os principais resultados com vista à resposta à segunda questão de investigação (título desta secção), seguindo-se uma pequena discussão desses resultados.

Os resultados mostram que as práticas de ensino se modificaram de implementação para implementação em sala de aula, ou seja, com o desenvolvimento profissional do professor. Além disso, este estudo permitiu ainda identificar traços de mediação que se revelaram produtivos, não apenas para o envolvimento dos alunos, mas também para as práticas epistémicas dos alunos (ou seja os seus resultados nas aprendizagens) ao longo do tempo.

O desenho da tarefa visto globalmente não sofreu grande variação entre 2006, 2008 e 2012. No entanto, houve efectivamente alterações em pormenor que foram suficientes para alterar a mediação do professor e consequentemente as PEs dos alunos e o seu envolvimento produtivo.

Apesar de o modelo de tarefa ser a mesma nas três implementações, em 2006, há claramente mais subtarefas reais para cada tipo de tarefa do que nos outros anos (ver tabela 15). Este facto (mais subtarefas reais) constitui uma orientação clara do trabalho do aluno, e faz com que o aluno perca alguma da sua autonomia. A tarefa do tipo 1 (TI) é mais clara e aberta em 2012 do que nos outros dois anos e a situação física é mais explícita (ver tabela 15). Esta diferença na formulação da tarefa dá a possibilidade de maior autonomia no trabalho do aluno. Além disso, há diferenças subtis na verdadeira apresentação de tarefas em 2006, 2008 e 2012 (ver tabela 20). Em 2006, o professor era mais directivo, pedindo, em particular a alguns alunos para fazer ações específicas. Pelo contrário, em 2008, o professor espera por ações dos alunos. E em 2012 o professor coloca toda a responsabilidade de preparação e execução da tarefa no aluno, apenas faz recomendações a ter em conta.

As características principais das tarefas, e a sua apresentação aos alunos permite identificar os seguintes traços que marcam a sua evolução:

(a) o contexto é mais rico, o problema é mais claro em 2008 e em 2012 sucessivamente, a tarefa continha uma melhor descrição da situação física, enquanto que esta estava ausente em 2006; além disso, a formulação em 2008 precisava o desafio (modelizar a situação em laboratório) e colocava questões que estabeleciam os objetivos a atingir em 2012

também precisava a simulação muito concretamente até para a planificação se serviram de orientação no computador através da simulação;

(b) é solicitado aos alunos que tenham trabalho de conceção (tarefa tipo 2) a partir de 2008;

(c) é concedida mais autonomia e responsabilidade (compare-se tarefas tipo T3) o trabalho experimental, em 2008 assim como em 2012, pedia para planear e só depois é que era realizada a atividade experimental, mas em 2006 esta era muito orientada; por exemplo, em 2008, o registo e o tratamento de dados é feito e decidido pelos alunos, o que não acontece em 2006; além disso, o número de tarefas subsidiárias por aula foi menor em 2008 e em 2012 que eram praticamente as mesmas, o que é indicador de uma menor intervenção do professor, dando por conseguinte maior autonomia nos alunos;

(d) é devolvido aos alunos a responsabilidade de responder ao problema inicial (tarefa tipo 5). Estas mudanças podem explicar o aumento do esforço do professor em "manter a tarefa como desafio" e "dar autoridade aos alunos"

Os resultados mostraram que a formulação da tarefa experimental é muito importante para promover o envolvimento (Engle & Conant, 2002) pois apesar de a tarefa ter a mesma estrutura geral a frequência de PE dos alunos em termos absolutos por intervenção por professor, é também maior. Estas diferenças surgem em dois aspectos: (a) os desafios para os alunos são mais claros (situação física mais descritiva e desafio mais bem formulado), e (b) mais aberto (questionar os alunos é um maior compromisso para realizar a tarefa). Ou seja, a formulação e implementação da tarefa teve um efeito importante para fazer emergir PE e envolvimento produtivo dos alunos.

Se a tarefa for demasiado orientada, explicitando todos os passos que os alunos devem executar (aumentando na prática o número de tarefas e diminuindo, por isso a autonomia dos alunos), os alunos não assumem tanta responsabilidade, Lopes (2004). Ao contrário, se o tipo e número de tarefa permitir autonomia aos alunos e tiver caráter de desafio, estes envolvem-se na tarefa e os indicadores de produtividade aumentam. Estes resultados estão concordantes com Reiser (2004) segundo o qual o professor deve encorajar os alunos a pensar e trabalhar sem a sua influência direta. Permitiu ainda verificar que para que aqueles esforços tenham lugar, é necessário um cuidado no desenho da tarefa e uma atitude crítica do professor relativamente à sua mediação. O resultado geral das implementações é consistente com o relatório de outros estudos apresentando pequenas melhorias, com benefícios para os alunos (Ditcher, 2001; Lopes et al., 2011; 2010a).

Comparando-se o perfil de mediação professor 2006-2012, os resultados mostraram que o professor aumentou o seu esforço relacionado com intenções epistémicas, a saber: (a) mais eficazes na introdução e utilização de artefactos (induzindo a utilização pelos alunos mais frequentemente), (b) um esforço deliberado para valorizar e tornar explícito epistemologicamente o trabalho dos alunos.

Esta diferença na mediação do professor está associada com a maior actividade epistémica dos alunos durante a realização da actividade experimental que é muito diferente entre as três implementações: (a) em particular, há um menor número de PE dos alunos em 2006, (b) existe em 2012 actividade epistémica dos alunos (avaliar criticamente, estabelecer relações, comunicar de forma autónoma e validar epistemicamente), utilizando o conhecimento teórico para confrontarem com os resultados obtidos por eles, que não está presente, em 2006, (c) também em 2008 e 2012, em termos gerais, para os alunos responderam às tarefas tipo T4 e T5, parece ser necessário que "avaliem criticamente", " estabelecer relações" e "fazem previsões" porque precisam de dar um sentido aos resultados obtidos no trabalho experimental. Neste tipo de tarefas, existe o esforço do professor para promover PE dos alunos é apenas apresentar a tarefa desafio, sintetizar a informação e deixá-los avançar na tarefa, por isso são esforços que permitem uma maior evolução na aprendizagem dos alunos.

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

Como o comportamento de sinalizar e registar o caminho é uma característica de sistemas inteligentes (Le Moigne, 2007) o esforço do professor para valorizar epistemologicamente é um atributo importante de mediação do professor para explicitar as intenções epistemológicas de alunos e professores. Esse atributo pode ser um importante meio para melhorar a eficácia do professor (Ditcher, 2001; Felder et al., 2000; Lopes et al., 2010c), tornando explícitos os objetivos de aprendizagem, não só em termos de resultados finais, mas especialmente durante a aprendizagem, e em particular, durante actividades experimentais.

Também foi possível verificar através dos resultados, uma mudança de perfil do professor (de 2006 a 2012), aumentando o número total de PE, a diversidade de PE e também

houve um melhor equilíbrio de PE que têm diferentes tipos trabalho epistémico. Isto significa que os alunos trabalham com intencionalidade epistémica com mais frequência usando o trabalho para obter dados ou informações de pesquisa a partir do dispositivo experimental T1 em relação com o trabalho de usar o conhecimento disponível e construir novos conhecimentos (trabalho epistémico tipo 3) durante a resolução da tarefa experimental. Ou seja, os alunos, em 2008 e em 2012, têm tendência em relacionar os dados empíricos com afirmações teóricas de forma mais eficaz que é, de acordo com Jiménez-Aleixandre (2006) e Kelly e Takao (2002), uma característica da construção do conhecimento científico.

Enquanto em alguns trabalhos se identifica uma influência directa entre as convicções do professor e a sua prática (Buss, Newman, & Martini, 2002) outros estudos (Duschl & Wright, 1989) apontam para a necessidade de trabalhar com os professores para que melhorem as suas atitudes sobre a natureza da ciência mas também, e de forma explicita, que se façam ligações de como elas podem influenciar a dinâmica da sala de aula aproximando a teoria da prática, (Millar & Osborne, 2009).

Este estudo é importante para a investigação porque veio elucidar aspectos e condições nas práticas do professor nomeadamente na apresentação de tarefas e sua manutenção como desafio e em aspectos bem específicos da mediação do professor. Também é evidenciada a relevância daqueles aspectos nas aprendizagens dos alunos no que diz respeito às PE e envolvimento.

5.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?

Tendo em conta a análise do percurso profissional e a análise das aulas nas três implementações apresentam-se os principais factores que influenciaram o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino.

Esses factores são:

-a construção e análise das narrações multimodais (NM);

-as reflexões feitas ao longo do estudo;

-as iterações entre as implementações por forma a melhorar em cada passo;repetindo o ciclo de investigação-acção.

-a concepção, apresentação e manutenção da tarefa;

-a participação em projectos de investigação;

-introdução e uso de artefactos e introdução e uso de representações visuais.

Uma vez que o professor investigador esteve envolvido não só no desenho das tarefas e nas suas modificações mas também na sua prática efectiva, foi fazendo reflexões acerca da sua percepção a nível de uma análise macro (do desenho curricular), meso (das tarefas) e micro (da mediação efectivada em sala de aula); estas reflexões permitiram ir modificando o seu desenho, no intuito de melhorar a sua eficácia tanto durante a intervenção, como propostas para modificações futuras.

A sequência didáctica desenvolvida teve em conta as linhas fundamentais da investigação em didáctica das ciências como fundamento das decisões, quer a nível do desenho da tarefa quer a nível da mediação do professor o que, em conjunto, ajudam a promover mais conhecimento e competências nos alunos.

Não é possível dar uma resposta geral sobre o que desencadeia a evolução da mediação do professor. No entanto, neste estudo foram identificados 3 níveis que provocaram melhorias na mediação do professor.

O primeiro nível é o cuidado na formulação de tarefas e a reflexão do professor que o levou a testar algumas ideias. Se tivermos em consideração que a formulação da tarefa é uma condição necessária mas não suficiente para desencadear a evolução da mediação do professor, o professor deve estar atento aos aspectos subtis deste trabalho.

O segundo nível que promove a evolução do professor é: a iteração das implementações apoiada na elaboração e análise das NM o que contribuiu para a atitude do professor de deixar os alunos expressar as suas ideias e fazer alguma ação, embora o professor, pense por vezes não serem apropriados.

O terceiro nível é a participação em projectos de investigação o que criou condições em particular para a introdução mais seletiva de artefactos ou representações visuais, bem como mostrar como funciona. Foi um novo ingrediente para a mediação do professor para aumentar a sua intencionalidade epistémica.

Como referido anteriormente para que os esforços do professor mencionados, no ponto anterior, tenham lugar, é necessário um cuidado no desenho da tarefa e uma atitude crítica do professor relativamente à sua mediação. Estes resultados estão concordantes com Reiser (2004) segundo o qual o professor deve encorajar os alunos a pensar e trabalhar sem a sua influência direta, em particular:

(a) Na integração de trabalho experimental na sala de aula, explorando relações com o real e promovendo modos de aprendizagem influenciados por trabalhos científicos,

favorecendo práticas epistémicas (Cachapuz et al., 1999; Hurd, 1998; Lopes, 2004; Richter & Schmid, 2010; Scott et al., 2006);

(b) Na valorização da evolução conceptual (Posner et al., 1982; Scott, Asoko, & Driver, 1992), promovendo a mobilização de conhecimentos (Arons, 1997) tendo em vista o desenvolvimento de competências (Perrenoud, 1999; Sabella & Redish, 2007);

(c) No recurso à aprendizagem colaborativa (Crouch & Mazur, 2001; Felder & Brent, 2007) procurando criar um clima de sala de aula facilitador de interacções entre estudantes e entre estes e o professor.

O professor também teve o especial cuidado de melhorar a sua formação com congressos, projectos de investigação, etc. O cruzamento de todos estes dados permitiu uma fundamentação das ilações tomadas com maior validade e fidelidade (Golafshani, 2003). Assim, este professor inseriu-se em projectos de investigação, apresentou comunicações com o respectivo artigo, publicou artigos em revistas nacionais e estrangeiras, o que como se revela ter contribuído para as reflexões efectuadas no sentido de melhorar a sua prática profissional. Com a publicação de artigos divulgando o que se passa em sala de aula ajuda outros profissionais a melhorar também as suas práticas de ensino. Pelo facto, de pretender melhorar as suas práticas de sala de aula, o professor investiu na sua formação e no seu desenvolvimento profissional construindo uma base de conhecimentos e habilidades didácticas para promover a aprendizagem dos alunos mais eficazmente.

As práticas de sala de aula incorporam uma grande parte dos momentos de vivência entre estudantes e professores, onde acontece uma grande diversidade de interacções entre todos e de onde emerge uma multiplicidade de aspectos de ensino e de aprendizagem de maior ou menor explicitude e relevância. A reflexão ajudou o professor-investigador a ver e verificar aspectos da sua acção e do seu discurso menos conseguidas e/ou melhor conseguidas durante a aula. O professor em causa foi modificando as suas práticas, em particular no planeamento destas e na formulação da tarefa, bem como na sua implementação promovendo maior envolvimento produtivo e práticas epistémicas de melhor qualidade.

Particularmente a nossa investigação permitiu verificar que o desenvolvimento profissional do professor é influenciado pelas reflexões deste professor, pela prática de sala de aula que foi decorrendo durante os sete anos deste estudo longitudinal.

A reflexão feita após as suas aulas e com as suas colegas em grupo ou em reuniões passou a ser mais fina, vista mais ao pormenor e com critérios de avaliação da mesma e possível alteração de melhoramento. As alterações mais relevantes relativamente à reflexão

ocorreram simultaneamente com a alteração da concepção das tarefas e da mediação que aconteceu nos anos de 2007/2008 e 2010/2011;

Através da gravação das aulas foi possível afinar a reflexão acerca destas com a construção e análise das NM. Este instrumento permitiu ao professor visualizar em pormenor e à distância aspectos melhor ou pior conseguidos na aula em questão, no sentido de serem alterados para que fiquem efectivamente melhores.

As iterações entre cada implementação apoiadas nas reflexões diárias das aulas e de outras informações e formações adquiridas pelo professor permitiram a ocorrência de desenvolvimento profissional que foi vantajoso para o professor, mas especialmente para o aluno que lhe permitiu desenvolver mais e melhor envolvimento produtivo e PE.

A reflexão do professor através da análise da mediação efectuada clarificou a importância de alguns pormenores em sala de aula, que dão sentido à alteração da sua prática no sentido de a melhorar, designadamente: – manter as tarefas como desafio; – permitir que os alunos trabalhem autonomamente; **–** dar ajuda baseada em orientação e explicações apenas em momentos cruciais; – permitir e incentivar a problematização; – valorizar as suas respostas e actuações, etc.

Melhoramento na concepção das tarefas, mais clara e aberta no sentido de dar mais autoridade ao aluno (2007/2008 a tarefa passou a ser mais aberta e passou a pedir conclusões fazendo-as ligar ao problema; 2011/2012 as tarefas passaram a ser mais claras e específicas). Neste ponto salienta-se o facto de ter havido alterações nas tarefas que por pequeninas e insignificantes possam parecer conjuntamente com as pequenas alterações na mediação do professor como já se disse anteriormente provoca alterações no envolvimento e nas PE dos alunos.

Alteração da mediação no sentido de diversificar e intensificar esforços para envolver os alunos na aprendizagem: os alunos passaram a ser mais solicitados a realizar tarefas reais, passando o papel do professor a ter um cariz diferente, promovendo discussões entre os alunos (2007/2008 obriga a registar tudo o que fazem, observam, obtêm resultados e conclusões, dá mais autoridade: coloca a questão ou manda fazer e deixa-os fazer sozinhos só os questionando após terem registado tudo; em 2010/2011 a prática passa a ser mais epistémica: dá mais autoridade, promove a aquisição de competências, exige que vão buscar mais em pormenor os conceitos, passa a haver valorização epistémica).

A introdução e uso de artefactos, bem como a introdução e uso de representações visuais permitiu a emergência de PE de nível superior do tipo “manusear conceptualmente”,

“comunicar autonomamente”, “manuseiar o artefacto”, “estabelecer relações entre variáveis”, “organizar informação dos resultados obtidos”; “identificar condições empíricas presentes na actividade”; e “avaliar criticamente os resultados”, constituindo uma evolução na prática do professor e consequentemente contribuir para o desenvolvimento profissional.

Este trabalho permitiu ao professor identificar indicadores acerca do tempo e apoio que deveria disponibilizar em cada tarefa.

Em resumo, o desenvolvimento profissional deste professor foi provocado por diversos factores e teve um manifesto impacte nas práticas de ensino.

Alarcão (2001), não distingue o conceito de professor-investigador com os conceitos de: (a) investigar sobre a prática; (b) profissional reflexivo; e (c) participante em projectos de investigação-acção. Além disso, refere que o professor-investigador pode ser alguém que investiga sobre outros assuntos exteriores à sua prática de ensino, por exemplo, investiga em determinada área científica, contrariamente àquilo que foi feito através do nosso estudo.

Ponte (2002), considera que não se concebe alguém que faça investigação sobre a prática e que não seja um profissional reflexivo. Mas, provavelmente, não basta ser reflexivo para se fazer investigação”. Assim, não se pode considerar professor-reflexivo aquele que investiga sobre a prática e faz investigação-acção, Schön (1983). No entanto, é com a reflexão para a acção presente, por exemplo, na investigaçãos-acção que o professor caminha para a autonomia, desenvolvimento profissional e conhecimento de si, que o permite controlar uma maior gama de situações que para alguns podem parecer incontroláveis (Cruz, 2005).

No entanto, como referem Lopes et al., (2008a), ainda há poucos estudos que tentem avaliar todas estas dimensões como um todo e que sejam sustentados por estudos empíricos.

6 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Este trabalho de desenvolvimento profissional do professor investigador pretende ser um exemplo de referência para outros profissionais do ensino com finalidades idênticas e que, neste âmbito, se confrontam com os mesmos desafios.

O desenvolvimento profissional e as práticas de ensino deste professor revelaram-se apropriados pelos alunos, e didacticamente coerentes.

As actividades de desenvolvimento profissional criam oportunidades para os professores confrontarem novas formas de pensar e de agir, discutirem e explorarem outras estratégias, e para reflectirem sobre as experiências de ensino, revendo-as e testando-as novamente. Este é visto como uma aprendizagem contínua do professor que envolve o desenvolvimento de novos conhecimentos, capacidades e estratégias, que lhe permitem melhorar as suas práticas. De acordo com García (1999), "o objectivo de qualquer estratégia que pretenda proporcionar a reflexão consiste em desenvolver nos professores competências metacognitivas que lhes permitam conhecer, analisar, avaliar e questionar a sua própria prática docente".

Uma mediação que incorpore as várias dimensões (Apoio e autoridade dada aos alunos; manter a tarefa como desafio; incentivar o envolvimento; permitir e incentivar a problematização) consegue melhores resultados no envolvimento produtivo do aluno. A incorporação de dimensões relacionadas com a intencionalidade epistémica do professor; (valorizar epistemicamente; explicitar epistemicamente; introduzir artefacto) permitem ao aluno uma maior qualidade e quantidade de PE. No entanto, alguns traços de mediação, em particular, são fundamentais para conseguir melhores resultados de aprendizagem em todas as suas dimensões.

Apresentaremos as principais conclusões deste estudo por questão de investigação.

6.1 Quais as relações entre os padrões das práticas de ensino (tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas?

Este estudo permitiu identificar padrões na mediação do professor, que se repercutiram em melhores aprendizagens dos alunos, suportando em dados empíricos uma resposta à primeira questão de investigação: *Quais as relações entre os padrões das práticas de ensino*

(tarefas e mediação) e o envolvimento dos alunos e as práticas epistémicas? podemos enunciar:

Neste ponto salienta-se o facto de ter havido alterações nas tarefas que por pequeninas e insignificantes possam parecer conjuntamente com as pequenas alterações na mediação do professor como já se disse anteriormente provoca alterações no envolvimento e nas PE dos alunos.

(1) - Práticas do professor – envolvimento dos alunos:

Da relação entre a mediação do professor e o envolvimento do aluno obtiveram-se três resultados fundamentais I, II e III que vem dar um contributo para a evolução do conhecimento, na medida em que se pode conhecer os esforços do professor que podem provocar envolvimento mais produtivo, maneiras de manter a tarefa como desafio em sala de aula e a relação entre a prática do professor e o envolvimento do aluno.

I -Os esforços feitos pelo professor mais relevantes para permitir envolvimento produtivo nos alunos foram: (a) manter a tarefa como desafio; (b) dar autoridade; (c) incentivar o envolvimento; (d) permitir e incentivar a problematização; (e) corrigir e monitorizar o envolvimento. Estas alterações provocaram um maior envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Assim, os alunos passaram a ter mais iniciativa e a ter maior produtividade escrita, maior produtividade oral e a ter maior frequência de manuseamento por aula.

II -Sabendo da importância em o professor manter a tarefa como desafio, este estudo permitiu identificar seis formas de o professor manter a tarefa como desafio, que são:

1- Indica/manipula recursos para os alunos poderem trabalhar de forma autónoma;
2- Pede clarificação aos alunos sobre o desafio que estão a abordar;
3- Permite que os alunos testem ideias privadas;
4- Pede explicações sobre resultados não expectáveis;
5- Pede ajuda aos alunos quando pretende avançar ou orientar trabalho dos alunos;
6- Incentiva a que os alunos controlem o tempo.

O facto de se encontrarem várias formas de manter a tarefa desafio permitiu ao professor desenvolver com mais frequência e valor o envolvimento produtivo do aluno. Percebeu-se que esse acompanhamento pode ser potenciado se simultaneamente o professor conseguir clarificar aos alunos os objectivos das tarefas, se mantiver a tarefa como desafio. Este estudo evidenciou que há vários modos específicos de o fazer.

III – Encontraram-se quatro padrões de relação entre os esforços do professor e o envolvimento, que evidenciam diferentes padrões das práticas do professor para envolver os alunos a promover o envolvimento produtivo dos alunos na sua aprendizagem.

Da análise realizada verificou-se que a mediação do professor que promove a autonomia, a iniciativa a manipulação de instrumentos experimentais e simultaneamente o trabalho colaborativo entre os alunos, dando ajudas pontuais em momentos cruciais sem lhe retirar a sua autoridade, provou ser eficaz para um maior envolvimento dos alunos e revelou também um maior desenvolvimento de produtividade desse envolvimento.

Em resumo, as características da mediação do professor mais relevantes para promover o envolvimento dos alunos na aula de modo produtivo foram essencialmente,

(e) para além dos conhecidos "dar autoridade aos alunos", " manter a tarefa como desafio" encontraram as seguintes características de actuação do professor que favorecem o envolvimento produtivo dos alunos: "permitir ou incentivar a problematização", "disponibilizar recursos", incentivá-los", "Monitoriza e corrige o envolvimento", "tem sempre presente a informação anterior necessária à tarefa".

(f) a exploração das diferentes formas de manter a tarefa como desafio e passar de padrões de mediação mais básicos para padrões de mediação mais activos foram um contributo eficaz para a evolução do conhecimento.

(g) Passar de padrões de mediação mais básicos para padrões de mediação mais efectivos na promoção do envolvimento produtivo dos alunos.

(2) Práticas do professor – práticas epistémicas dos alunos

No sentido de promover práticas epistémicas, o professor deste estudo fez esforços durante a sua mediação para conseguir os seus objectivos. Relacionando a mediação do professor e as práticas epistémicas dos alunos obtiveram-se quatro resultados importantes e que se constituem como contributos importantes para o avanço do conhecimento:

I – Foram identificados os esforços do professor que tiveram maior impacte nas PE dos alunos e que tiveram maior evolução ao longo do tempo deste estudo.

II - As práticas de ensino deste professor que tiveram influência directa na promoção de PE do aluno podem-se apresentar em três grandes grupos. A identificação destes padrões de relação permitiram encontrar traços de mediação identificados como

determinantes para descrever mudanças qualitativas importantes das práticas de ensino no que concerne ao seu impacte nas PE dos alunos.

III - os esforços do professor estão relacionados com mais ou menos actividade epistémica dos alunos: mais quantidade e diversidade dos esforços do professor implica maior qualidade e diversidade de PE.

IV – Há dois aspectos marcantes na evolução da mediação do professor ao longo das implementações, (relação esforço e PE; evolução não uniforme desde a 1ª implementação).

Destes resultados foi possível obter 3 conclusões fundamentais:

(a) A mediação base do professor pode melhorar passando sucessivamente para outras mais efectivas através de mudanças incrementais.

Foi possível melhorar a mediação do professor, em particular, a eficácia das práticas de ensino do professor. Todavia os resultados mostraram que não é uma mudança fácil, pois as características básicas da mediação para determinados tipos de tarefas, mantêm-se ao longo do tempo.

A integração entre o desenho das tarefas e a mediação na sua prática efectiva dentro da sala de aula e as sucessivas iterações e reflexões sobre os seus resultados obtidos, é fundamental para produzir uma alteração mais eficaz, permitindo agir, modificar, reforçar, completar, gerir o desenho da tarefa, com vista a cumprir cada vez com maior eficácia o objectivo de envolver os alunos na aprendizagem de uma forma intrínseca e conseguir que os alunos desenvolvam as práticas epistémicas desejadas.

A implementação de alterações na mediação do professor, devem envolver uma aprendizagem prática que carece de vários ciclos de investigação-acção a qual está associada ao desenvolvimento profissional.

(b) Há aspectos da mediação com maior intencionalidade epistémica e impacte nas PE: Uma mediação baseada nos esforços do professor de maior eficácia no que diz respeito às PE dos alunos incorporados de forma integrada e harmoniosa na prática de sala de aula, permite obter mais PE em quantidade e qualidade na grande maioria dos alunos da classe. Pois os resultados da mediação que relacionam esses esforços do professor e PE mostram que foi aquela onde se verificaram PE de maior exigência epistémica. No entanto, alguns traços de mediação, em particular, são fundamentais para conseguir melhores resultados de aprendizagem, consequentemente mais e

melhores PE: comunicar autonomamente; avaliar criticamente; formular hipóteses, validar; identificar condições empíricas; estabelecer relações; manusear conceptualmente; usar artefacto; introduzir e usar representação visual.

(c) Há tarefas específicas em que a evolução das práticas de ensino é mais difícil. Verificou-se existir uma dificuldade em provocar alterações na mediação nas tarefas tipo T1 e T5 provavelmente pela natureza da tarefa e pouca familiarização deste tipo de tarefas tanto para o aluno como para o professor.

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

6.2 Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo?

Este estudo permitiu também identificar padrões na mediação do professor, que se repercutiram em melhores aprendizagens dos alunos, suportando em dados empíricos uma resposta à segunda parte da questão de investigação: *Que traços de práticas de ensino (na concepção das tarefas e na mediação efectiva) se alteraram ao longo do tempo com impacto positivo nas aprendizagens dos alunos?*

O desenho da tarefa visto globalmente entre 2006, 2008 e 2012 não teve grandes diferenças. No entanto houve na realidade alterações em pormenor que foram suficientes para provocar uma mediação do professor diferente e consequentemente as PEs dos alunos e o seu envolvimento produtivo.

O contexto contido na tarefa é mais rico, o problema é mais claro em 2008 e em 2012 sucessivamente, a tarefa continha uma melhor descrição da situação física e colocava questões que estabeleciam os objectivos a atingir. Na tarefa tipo T3 é concedida autonomia e responsabilidade. Na tarefa tipo T2 é pedido trabalho de concepção. Também é pedido aos

alunos que confrontem os resultados obtidos, as conclusões do trabalho com a resposta ao problema inicial, o que revela o esforço do professor de manter a tarefa como desafio e lhes dá a autoridade devida.

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

(1) Mudanças na relação entre práticas do professor e envolvimento dos alunos:

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

Verifica-se que o professor em 2006 teve de investir mais no envolvimento dos alunos na tarefa. Além disso, em 2006 o esforço do professor é para desencadear o envolvimento dos alunos e em 2008, assim como em 2012 o esforço do professor é para potenciar o envolvimento dos alunos e não para o desencadear. Esta diferença deve-se essencialmente ao modo como está concebida a tarefa e à alteração da mediação do professor na introdução e uso dessa tarefa. Dos esforços do professor que mais salientam na melhoria do envolvimento dos alunos na tarefa são: manter a tarefa como desafio nos seus variados modos, dar autoridade aos alunos, incentivar a problematização e incentivar o envolvimento na tarefa.

A mediação do professor que promove a autonomia, iniciativa e simultaneamente o trabalho colaborativo entre alunos provou ser eficaz para o envolvimento produtivo dos alunos. Esta mudança foi se consolidando de implementação para implementação. A construção de uma mediação ressaltando um ambiente de aprendizagem, fomentado pela autonomia dos alunos no seu trabalho, esforço por mostrar a pertinência da construção do conhecimento e bom acompanhamento do trabalho contínuo dos alunos, obtém impacte positivo a nível do envolvimento dos alunos na aprendizagem. Este nível na qualidade da mediação foi sendo alcançado ao longo do tempo.

(2) Mudanças na relação entre práticas do professor e práticas epistémicas dos alunos

A mediação do professor tem uma forte ligação com a actividade epistémica dos alunos durante a realização da actividade experimental ou da simulação computacional que é diferente nas três intervenções. A qualidade e quantidade das PE dos alunos aumenta ao longo dos anos de intervenção e está muito ligada com a formulação das tarefas e das alterações na mediação do professor ao implementar essas tarefas, mesmo que essas alterações sejam mínimas.

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

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

As reflexões feitas pelo professor investigador acerca da sua prática em sala de aula das modificações incrementais às tarefas e à mediação, foram realmente utilizadas para as ir modificando e adaptando à realidade encontrada. Os resultados indicam que estas reflexões foram úteis não apenas para melhorar o desenho das tarefas ou a mediação na aplicação dessas tarefas em sala de aula mas também foram úteis para ressaltar melhorias na mediação efectiva.

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

Assim, fica claro que não só as tarefas poderão ir sendo redesenhadas para melhor cumprir o desenvolvimento das aprendizagens pretendidas, mas também a mediação associada pode ir sofrendo ajustes, de forma a implementar essas tarefas de formas mais adequadas em sala de aula e fazer um melhor acompanhamento das aprendizagens dos alunos. A inovação deste estudo consistiu em fazê-lo de forma sistemática ao longo de sete anos de implementação das modificações incrementais nas tarefas e na mediação. Deste

modo foi possível identificar várias mudanças consolidadas nas práticas de ensino com impacte positivo tanto no envolvimento produtivo como nas PE dos alunos.

6.3 Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte nas práticas de ensino?

Assim em resposta à questão de investigação colocada *Que factores influenciam o desenvolvimento profissional com impacte na melhoria das práticas de ensino?* podemos explicitar:

O desenvolvimento profissional deste professor teve origem em 6 factores de actuação do referido professor. Salientam-se então: a construção e análise das narrações multimodais (NM); As reflexões feitas ao longo do estudo; as iterações entre as implementações por forma a melhorar em cada passo; a concepção, apresentação e manutenção da tarefa; a participação em projectos de investigação e a introdução e uso de artefactos e representações visuais.

A construção e análise das NM permitiram ao professor detectar e reconhecer os aspectos da sua actuação em sala de aula que são ineficazes e poder assim alterá-los no sentido de os melhorar e tornar efectivos.

A reflexão do professor através da análise da mediação efectuada clarificou a importância de alguns pormenores em sala de aula, que dão sentido à alteração da sua prática no sentido de a melhorar, designadamente: manter as tarefas como desafio (dando aos alunos a possibilidade de construírem o conhecimento); – permitir que os alunos trabalhem autonomamente (permitindo aos alunos terem tempo para pensar sobre as questões e execute as tarefas sozinhos ou em grupo de alunos); – providenciar ajuda baseada em pistas, orientação e explicações apenas em momentos cruciais (permitindo que as informações ou explicações do professor só surjam após os alunos terem pensado sobre o assunto e com o intuito de os fazer acrescer algo).

A alteração da mediação entre as implementações vai no sentido de diversificar e intensificar esforços para envolver os alunos na aprendizagem e no sentido de testar e verificar o que realmente funciona.

Com vista à aquisição de informação sobre um assunto qualquer, fá-lo melhor e com mais rapidez, pois o uso das tecnologias de comunicação e informação e constitui parte do desenvolvimento profissional, se o professor dominar bem esta tecnologia pode-a aplicar ou fazer aplicar melhor em sala de aula pelos seus alunos.

Como já se tem referido a reflexão feita após as suas aulas e com as suas colegas em grupo ou em reuniões passou a ser mais fina, vista mais ao pormenor e com critérios de avaliação da mesma, no sentido de a alterar se for necessário e feita sobre a alteração anterior e assim sucessivamente.

O desenvolvimento profissional associa-se normalmente à frequência de cursos. Neste caso foi fundamental em outras formas, designamente actividades de projecto, trocas de experiência e práticas reflexivas com outros profissionais ou só com os seus alunos. Estas vivências profissionais proporcionam conhecimentos aos professores que não podem ser adquiridos apenas nas instituições de formação, mas sim elaborados em contextos reais, pelos próprios professores num processo reflexivo colaborativo.

A formulação da tarefa e consequente alteração através das reflexões e da prática efectiva em sala de aula desencadeia a evolução da mediação do professor. No entanto, o professor deve estar atento aos detalhes do seu trabalho em sala de aula, por exemplo: a atitude do professor deixando os alunos expressar as suas ideias e fazer alguma acção, embora por vezes o professor não as considere apropriadas; a introdução seletiva e o funcionamento de artefactos ou representações visuais, foi o novo ingrediente da linha de base da mediação deste professor para aumentar a sua intencionalidade epistémica aquando da realização de uma dada tarefa. O desenho das tarefas a colocar ao aluno, avalia os tipos de indicações estão subjacentes na mediação desenhada. Este trabalho permitiu ao professor identificar indicadores acerca do tempo e apoio que deveria disponibilizar em cada tarefa, bem como a sua actuação em cada momento de execução da tarefa (introdução da tarefa, execução da tarefa, verificação e exploração dos resultados, interpretar resultados, tirar ilações desses resultados, tirar conclusões e reflectir sobre essas conclusões) e com isto o professor foi melhorando sucessivamente a sua actuação em sala de aula.

Este professor fez parte da equipa de projectos de investigação, o que o ajudou a conhecer muita investigação feita nesta área, como se elaboram e analisam NM, reflexões feitas em reuniões com a equipa afinando os procedimentos de todos elaborar artigos a publicar em revistas nacionais e estrangeiras, com vista à divulgar. o que se passa em sala de aula ajudando outros profissionais a melhorar também as suas práticas de ensino.

Estas acções do professor- investigador provocaram um desenvolvimento profissional que se tem manifestado nas suas atuações profissionais, em particular na melhoria das práticas de ensino com impacte positivo no envolvimento e PE dos alunos.

Estes factores tiveram influência tornando o professor um sujeito mais reflexivo, com mais formação didáctica e científica com receptividade para alterar a sua prática profissional, alterando-a no sentido de obter melhores resultados nos seus alunos em particular no envolvimento produtivo e na criação de PE.

Como nota final julgamos que o conjunto dos resultados e conclusões como resposta às 3 questões de investigação (QI), bem como o próprio corpus de análise podem ser uma referência para outros profissionais de ensino da mesma área, assim como também para a investigação na área.

7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E NOVAS PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

O trabalho aqui apresentado centra-se na investigação das próprias práticas de ensino do professor investigador.

Investigar as próprias práticas de ensino tem associado limitações e vantagens. As limitações decorrem da dificuldade da investigadora se distanciar de si própria e se poder observar como alguém que está de fora. Este movimento e distanciamento foram conseguidos pela implementação de instrumentos de recolha de dados com determinados fins específicos, as narrações multimodais e pela presença crítica e reflexiva, nas diferentes fases da abordagem curricular, das *critical friend.*

Efectivamente, a análise qualitativa dos dados que apresentamos, permitiram-nos identificar e caracterizar os impactos positivos da implementação da tarefa experimental semi-aberta na aprendizagem dos alunos. Especificamente permitiu-nos dar respostas às três QI. No entanto, não devemos esquecer que cada aluno é um ser único, com traços de personalidade próprios e portanto irrepetíveis. Foi assumido que os alunos das turmas nas três implementações tinham características académicas e sociais semelhantes. Esta assunção é obviamente uma limitação do estudo.

O facto de o investigador ser o próprio professor é uma vantagem associada a este tipo de investigação, porque sabe de imediato as razões das suas escolhas, das suas decisões, conhece bem os alunos da investigação, bem como o contexto onde tudo se insere. Pode, no entanto, ser também considerada como uma limitação do estudo.

Apesar destas limitações que decorrem da natureza do estudo, os seus resultados e corpus são relevantes para professores, que pretendem desenvolver-se profissionalmente ou que pretendem estudar as próprias decisões e escolhas realizadas no sentido de melhorar as suas práticas no futuro, como é o nosso caso, que as funções de professor e investigador estão apenas numa única pessoa. Tornando-se melhor ou mais atento à própria experiência será mais fácil identificar traços e características específicas de si e dos seus alunos.

A nível pessoal este estudo foi muito importante no sentido em que permitiu o desenvolvimento pessoal e profissional, ser mais sensível aos outros e ser mais prestável e ser mais cuidadoso na sua própria investigação.

Os seus resultados e corpus deste estudo são relevantes para a investigação na medida em que contribuem para elucidar vários aspectos e condições quer do desenvolvimento profissional quer das práticas de ensino com relevância para as aprendizagens dos alunos em termos de PE e envolvimento dos alunos.

Neste seguimento, como proposta de futuro trabalho, sugerimos a continuação destes estudos exploratórios, e ampliar (a) o número de alunos envolvidos com mais turmas dos diferentes professores da mesma escola e (b) com professores de outras escolas/instituições de diferentes regiões do país onde a realidade e as ofertas formativas sofrem alterações. Uma vez que esta investigação consiste num estudo de caso, só se insere numa dada escola (contexto escolar), com um determinado grupo de alunos, e com o professor-investigador, era pertinente verificar a influência do professor (usando turmas de outros professores da escola) neste tipo de estudos. Pois o desenvolvimento profissional, as reflexões e mesmo a actuação em sala de aula depende não só do contexto, dos alunos, mas principalmente da actuação do professor. Também se considera pertinente o mesmo tipo de estudo com professores de outras instituições e/ou outras regiões do país, onde se poderia estabelecer a comparação do desenvolvimento profissional de cada professor e a influência desse meio nesse desenvolvimento profissional, a região e as ofertas formativas, assim como, a formação complementar dos alunos nessa região e dos professores. Tal permitirá a comparação entre os dados obtidos com outros estudos na mesma área, permitindo confirmar ou infirmar os nossos resultados. E estudos posteriores poder-se-ão retomar e aprofundar algumas das questões aqui centradas, nomeadamente relacionadas com a questão da contextualização social do aluno, do seu envolvimento, e da sua aprendizagem eficaz.

Outra direcção para futuras investigações será aprofundar e compreender a razão de as mudanças nas práticas de ensino serem menos notórias em certas tarefas (T1 e T5). Em particular poder-se-ía investigar modos de conseguir mudanças no esforço do professor para alterar PE em T1 e T5, por exemplo tentando introduzir nestas tarefas os traços de mediação identificados comos responsáveis pelas mudanças qualitativas.

Esperamos que este estudo figure como um contributo inspirador para a existência de outros estudos sobre as práticas de ensino eficazes para o envolvimento dos alunos na sala de aula e PE noutros níveis de escolaridade, como por exemplo no 3º ciclo do Ensino básico, onde pouca experimentação se faz e não existem actividades experimentais sinalizadas como obrigatórias no programa da disciplina. No 12º ano de escolaridade onde se termina um ciclo de estudos com forte impacto a nível da empregabilidade dos alunos. Também na formação

inicial de professores pois é fundamental que um professor comece desde logo a saber envolver os seus alunos na aprendizagem e que essa aprendizagem seja o mais eficaz possível.

Consideramos que estudos sobre as práticas de ensino em sala de aula, pela sua natureza complexa e centrados nos temas aqui abordados continuam a ter potencial quer para a comunidade educativa quer para a investigação na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, *30*(14), 1945-1969.

Abrantes, P. (2001). *Reorganização Curricular do Ensino Básico: princípios, medidas e implicações*. Lisboa: DEB do Ministério da Educação.

Alarcão, I. (1996). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. Em Isabel Alarcão (Org.), *Formação Reflexiva de Professores - Estratégias de Supervisão* (pp. 9-40). Porto: Porto Editora.

Alarcão, I. (2001). Professor-Investigador: Que sentido? Que formação? *Cadernos de Formação de Professores*, *1*, 21-30.

Alarcão, I., & Canha, B. (2008). Investigação e Acção em Didáctica: Suscitar o debate, criar comunidade, construir caminhos. Em I. Cardoso, E. Martins, & Z. Paiva (Eds.), *Colóquio da Investigação à prática - Interacções e debates* (pp. 9-26). Aveiro: Universidade de Aveiro.

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

Almeida, M.A. (2001). Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova concepção in A.Veríssimo, A. Pedrosa & R. Ribeiro (coord), Ensino Experimental das Ciências – (Re)Pensar o Ensino das Ciências – pp. 51-74. Lisboa: WM.Produção de Imagem. Departamento do Ensino Secundário (DES). Disponível em http://eec.dgidc.minedu. pt/documentos/publicacoes_repensar.pdf.

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

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

Araújo, A. (2008). *O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química* (mestrado). Faculdade de Educação UFMG, Minas Gerais.

Arons, A. B. (1997). *Teaching introductory physics*. USA: Wiley.

Benavente, A. & Pachaud, C. (2008). Good practices for transforming education. *Prospects*, *38*(2), 161-170.

Benavente, A., Campiche, J., Seabra, T., & Sebastião, J. (1994). *Renunciar à Escola. O abandono escolar no ensino básico*. Lisboa: Fim de Século.

Bender, B. (2003). Task design and task analysis for empirical studies into design activity. *Journal of Engineering Design*, *14*(4), 399–408.

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

Bishop, A., & Goffree, F. (1986). Classroom organization and dynamics. In B. Christiansen, A. G. Howson, & M. Otte (Eds.), *Perspectives on mathematics education* (pp. 309-365). Dordrecht: D. Reidel.

Bloome, D., Puro, P., & Theodorou, E. (1989). Procedural Display and Classroom Lessons. *Curriculum Inquiry*, *19*(3), 265-291.

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom* (1 edition). Washington: DC: Jossey-Bass.

Bourke, S., & Holbrook, A. (2002). Links Between Research and Schools: the Role of Postgraduate Students. *The Australian Educational Researcher*, *29*(2), 15-32.

Brookfield, S. D. (1995). *Becoming a Critically Reflective Teacher* (1st edition.). San Francisco: Jossey-Bass.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, *18*(1), 32–42.

Brown, S. (2005). How can research inform ideas of good practice in teaching? The contributions of some official initiatives in the UK. *Cambridge Journal of Education*, *35*(3), 383-405.

Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Buss, K. A., Newman, W. J., & Martini, M. (2002). The influence of an instructor's nature of science beliefs on science methods instruction. Presented at *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans: NARST.

Butler, D.L., Lauscher, H. N., Jarvis-Selinger, S., & Beckingham, B. (2004). Collaboration and self-regulation in teachers' professional development. *Teaching and Teacher Education, 20*(5), 435–455.

Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education, 26*(5), 579-604.

Caamaño, A. (2004): Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil en los trabajos prácticos? *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales, 39*, 8-19.

Cachapuz, A. (1997). Investigação em Didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. Em Cachapuz, A. et al. (Org.), *Didáctica e Formação de Professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal* (pp. 205-240). São Paulo: Cortez Editora.

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

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

Cachapuz, A., Praia J., Paixão, F. & Martins, I (2000). Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. *Inovação, 13*(2-3), 117-137.

Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.

Cangelosi, J. (2000). *Classroom management strategies: gaining and maintaining student´s cooperation* (4th edition). New York: Wiley.

Cardoso, S. O., & Dickman, A. G. (2012). Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 29*(Esp. 2), 891-934.

Chang, W. (2005). The rewards and challenges of teaching innovation in university Physics: 4 years' reflection. *International Journal of Science Education*, *27*(4), 407-425.

Chang, W., & Bell, B. (2002). Making content easier or adding more challenge in year one university physics? *Research in Science Education, 32*(1), 81-96.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175-218.

Coelho, F. S. B. (2003). A Educação e as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7th ed.). UK: Routledge.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. Em L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453–494). USA: Erlbaum.

Colnerud, G. (1997). Ethical conflicts in teaching. *Teaching and Teacher Education*, *13*(6), 627-635.

Cook, S. D. N., & Brown, J. S. (1999). Bridging Epistemologies: The Generative Dance Between Organizational Knowledge and Organizational Knowing. *Organization Science*, *10*(4), 381-400.

Cope, B., & Kalantzis, M. (2010). The teacher as designer: Pedagogy in the new media age. *E–Learning and Digital Media, 7*(3), 200–222.

Costa, A. L., & Kallick, B. (1993). Through the Lens of a critical friend. *Educational Leadership, 51*(2), 49-51.

Costa, N. (2003). *A Investigação Educacional e o seu impacte nas práticas educativas: O caso da Investigação em Didáctica das Ciências*. Lição Síntese das Provas de Agregação não publicada (Grupo 2, Sub-Grupo Educação). Universidade de Aveiro.

Costa, N., Marques, L., & Kempa, R. (2000). Science teachers' awareness of findings from education research. *Research in Science & Technological Education*, *18*(1), 37-44.

Cravino, J.P. (2004). *Ensino da Física Geral nas Universidades Públicas Portuguesas e sua relação com o insucesso escolar* (Doutoramento). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

Crawford, T., Kelly, G. J., & Brown, C. (2000). Ways of knowing beyond facts and laws of science: an ethnographic investigation of student engagement in scientific practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(3), 237-258.

Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, *69*(9), 970–977.

Cruz, E. (2005). *Avaliação do Impacte de Cursos de Mestrado nos Professores-Mestres - O desenvolvimento do Pedagogical Content Knowledge de Professores de Ciências Físico-Químicas* (Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro.

Cruz, E. (2012). *Da avaliação do impacte à articulação da investigação ↔ práticas – caso da articulação na formação didáctica pós-graduada de professores de Ciências e desafios futuros* (doutoramento). Universidade de Aveiro, Aveiro.

Cunha, A. E., Branco, J., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. (2009). Envolver os Alunos de Forma Produtiva em Aulas de Ciências Físicas: Evidências para uma Proposta de uma Ferramenta para Ajudar os Professores. Em *Número Extra VIII Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 1561-1566). Apresentado na Enseñanza de las Ciencias, Barcelona: Enseñanza de las Ciencias.

Cunha, A. E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. A. (2011). Relação entre o esforço do professor para envolver os alunos e o envolvimento dos alunos durante a realização de trabalho experimental. Em L. Leite, A. S. Afonso, L. Dourado, T. Vilaça, S. Morgado, & S. Almeida (Eds.), *Atas do XIV Encontro Nacional de Educação em Ciências: Educação em Ciências para o Trabalho, o Lazer e a Cidadania* (pp. 69-80). Braga: Universidade do Minho.

Cunha, A. E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. A. (2012a). Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *11*(3), 635-659.

Cunha, A.E, Saraiva, E., Dinis, F., Anacleto, A., Pires, C., Rosa, A., ... & Lopes, J.B. (2012b). The influence of the teacher's research experience in his mediation of secondary school students learning using computer simulations. Em R. Pintó, V. López, & C. Simarro (Eds), *Conference Proceedings 2012 Learning Science in the Society of Computers* (pp 11-19). Apresentado na Computer Based Learning in Science, Barcelona: CRECIM.

Cunha, A.E., Saraiva, E., Santos, C.A., Dinis, F., & Lopes, J.B. (2014). Teacher mediation actions and students' productive engagement during the use of computer simulations in physical science classrooms. *Procedia Technology*, *13*, 76–85. DOI: 10.1016/j.protcy.2014.02.011.

Davies, P. (1999). What is evidence-based education? *British Journal of Educational Studies*, *47*(2), 108–121.

Dean JR., D., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, *91*(3), 384-397.

DES (2001). *Programa de Física e Química A 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário.

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

Díaz, H. D. (1999). La didáctica universitaria: Referencia imprescindible para una enseñanza de calidad. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 2*(1), 107-116.

Ditcher, A. K. (2001). Effective teaching and learning in higher education, with particular reference to the undergraduate education of professional engineers. *International Journal of Engineering Education, 17*(1), 24-29.

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

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Research*, *23*(7), 5-12.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312.

Duit, R., Mikelskis-Seifert, S., & Wodzinski, C. T. (2007). Physics in Context - A Program for Improving Physics Instruction in Germany. In R. Pintó e D. Couso (Ed.), *Contributions from Science Education Research* (pp. 119-130). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Eley, M. G. (2006). Teachers' conceptions of teaching, and the making of specific decisions in planning to teach. *Higher Education*, *51*(2), 191-214.

Enfield, M., Smith, E. L., & Grueber, D. J. (2008). «A sketch is like a sentence»: Curriculum structures that support teaching epistemic practices of science. *Science Education, 92*(4), 608–630.

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

Eskrootchi, R., & Oskrochi, G.R. (2010). A study of the efficacy of project-based learning integrated with computer-based simulation – Stella. *Educational Technology & Society*, *13*(1), 236-245.

Fagen, A. P., Crouch, C., & Mazur, E. (2002). Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher, 40*(6), 206-209.

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

Felder, R. M., Woods, D. R., Stice, J. E. & Rugarcia, A. (2000). The Future of Engineering Education II. Teaching Methods that Work. *Chemical Engineering Education*, *34*(1), 26-39.

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

Felder, R. M., & Brent, R. (2007). Cooperative Learning. In P. A. Mabrouck (Ed.), *Active Learning: Models from the Analytical Sciences* (Vol. Chapter 4). Washington, DC: American Chemical Society.

Fiolhais, C. & Trindade, J. (2003). Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, *25*(3), 259-272.

Fonseca, S. C. M. (2006). *Influencia de Gases Inertes no Equilíbrio Químico: Nuances e Simulações Computacionais* (mestrado). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

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

Freire, P. (1997). *Pedagogia da autonomia - Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.

Gillentine, J. (2006). Understanding early literacy development: the impact of narrative and reflection as tools within a collaborative professional development setting. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, *27*(4), 343–362

Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofia de las ciências al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigacíon. *Enseñanza de las Ciências*, *11*(2), 197-212.

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

Gokhale, A. A. (1995). Collaborative Learning Enhances Critical Thinking. *Journal of Technology Education*, *7*(1), 22-30.

Golafshani, N. (2003) Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report, 8*(4), 597-607.

Gonçalves, M., Fonseca, M., & Mouraz, A. (2003). School Curriculum Practices: What Is The Research Impact? *Millenium, 28*(8), 2011-228.

Grangeat, M. A. (1999). Metacognição: um desafio a autonomização. Em M. Grangeat (coord.), *A Metacognição: um apoio ao trabalho dos alunos*. Porto: Porto Editora.

Gravani, M. (2008). Academics and practitioners: Partners in generating knowledge or citizens of two different worlds? *Teaching and Teacher Education, 24*(3), 649-659.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand - student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*(1), 64-74.

Halloun, I. & Hestenes, D. (1985). The Initial Knowledge State of College Physics Students. *American Journal of Physics*, *53*(11), 1043-1055.

Hammersley, M. (1997). Educational research and teaching: a response to David Hargreaves' TTA lecture. *British Educational Research Journal*, *23*(2), 141- 161

Hargreaves, A. (2007). Sustainable Leadership and Development in Education: creating the future, conserving the past. *European Journal of Education*, *42*(2), 223-233.

Hausfather, S. J. (1996). Vygotsky and Schooling: Creating a Social Contest for learning. *Action in Teacher Education*, *18*(2) 1-10.

Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, *48*(3), 23-48.

Herrington, J., Oliver, R. & Reeves, T.C. (2006). Authentic tasks online: A synergy among learner, task and technology. *Distance Education, 27*(2), 233-248.

Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory, 20*(2), 53-66.

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

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más critico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, *12*(3), 299-313.

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

Hodson, D. (2000). The place of practical work in science education. Em M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, S. Afonso, & J. M. Baptista (Eds.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciência* (pp. 29-42). Braga: Universidade do Minho.

Hodson, D. (2001). Research on Practical Work in School and Universities: In Pursuit of Better Questions and Better Methods. In A. F. Cachapuz (Ed), A Chemical Odyssey. Presented in of 6th European Conference Research in Chemical Education. Aveiro: University of Aveiro.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28–54.

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

Huibregtse, I., Korthagen, F. & Wubbels T. (1994*):* Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, *16*(5), 539-561.

Hundhausen, C. D. (2002). Integrating algorithm visualization technology into an undergraduate algorithms course: Ethnographic studies of a social constructivist approach. *Computers & Education*, *39*(3), 237-260.

Hurd, P. (1991). Issues in linking research to science teaching. *Science Education*, *75*(6), 723-732.

Hurd, P. (1998). Scientific literacy: New mind for a changing world. *Science Education*, *82*(3), 407-416.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2006). A argumentação sobre questões sócio-científicas: Processos de construção e justificação do conhecimento na aula. *Educação em Revista*, *43*, 13-33.

Jiménez-Aleixandre, M., & Reigosa, C. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratório. *Enseñanza de las ciências: revista de investigación y experiencias didácticas*, *18*(2), 275-284

Jiménez-Aleixandre, M., & Reigosa, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, *90*(4), 707-733.

Jiménez-Aleixandre, M., Mortimer E. F., Silva A. C., & Díaz J. (2008). Epistemic Practices: in analytical framework for science classrooms. Paper presented to AERA, New York City.

Johnmarshall, R. & Hyungshim, J. (2006). What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. *Journal of Educational Psychology*, *98*(1), 209-218.

Johnmarshall, R. (2006). Teachers as facilitators: What autonomy-supportive teachers do an why their students benefit. *The Elementary School Journal*, *106*(3), 225-238.

Kelly, G. & Duschl, R. A (2002). Toward a research agenda for epistemological studies in science education. Apresentado em *Annual meeting of the National association for research in Science Education*, Nova Orleans, Louisiana, EUA.

Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. *Science Education*, *86*(3), 314–342.

Kelly, G. J., Chen, C., & Crawford, T. (1998). Methodological considerations for studying science-in-the-making in educational settings. *Research in Science Education*, *28*(1), 23–49.

Kelly, G. J. (2005). Inquiry, activity and epistemic practice. Apresentado na Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda, New Jersey: Rutgers University.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Geelong: Deakin University Press.

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

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instructio does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem.based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist, 41*(2), 75-86.

Krajcik, J., Czerniak, C. M. & Berger, C. F. (1998). *Teaching children science: A project-based approach*. Boston: McGraw-Hill.

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

Kuhn, D. (1993). Science as an argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, *77*(3), 319-337.

Le Moigne, J. L. (2007). Inteligência da complexidade: Os objectivos éticos da investigação e da intervenção em educação e formação não remetem para um «novo discurso do

método de estudo do nosso tempo»? *Sísifo: Revista de Ciências da Educação*, *4*, 118-128.

Leach, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, *21*(8), 789-806.

Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, *12*(1), 91-113.

Leach, J., Ametller, J., Hind, A., Lewis, J., & Scott, P. (2005). Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. Em K. Boersma, M. Goedhart, O. Jong e H. Eijkelhof, (Eds), *Research and the Quality of Science Education* (209-220). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. Em H. V. Caetano & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos Didácticos de Ciências, Vol I* (pp. 77-97). Lisboa: Ministério da Educação. Departamento do Ensino Secundário.

León, P. C. (2000). Las actividades de enseñanza. Un esquema de clasificación. *Revista Investigación en la escuela*, *40*, 5-21.

Lidar, M; Lundqvist, E. & Ostman, L. (2005). Teaching and learning in the science classroom: the interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, *90*(1), 148-163.

Light, G., & Cox, R. (2001). *Learning & Teaching in Higher Education - The reflective professional*. London: SAGE.

Tavares, M. L. (2009). *Argumentação em sala de aula de biologia sobre a teoria sintética da evolução* (doutoramento). Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

Loh, B., Reiser, B. J., Radinsky, J., Edelson, D. C., Gomez, L. M., & Marshall, S.(2001). Developing reflective inquiry practices: A case study of software,the teacher, and students. In K. Crowley, C. D. Schunn & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 279-323). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lopes, J. B, Cravino, J. P., & Silva, A. A. (2010c*). A Model for Effective Teaching in Science and Technology (Metilost)*. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Lopes, J. B. (1994). *Resolução de Problemas de Física e química. Modelo para estratégias de ensino-aprendizagem*. Lisboa: Texto Editora.

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

Lopes, J. B. (2006). A new framework to science teaching and learning: Formative situation. Seminar at "centre for studies in Science and Mathematics education (CSSME)". University of Leeds.

Lopes, J. B. (2009a). A mediação do professor de Ciências Físicas em sala de aula: explorando novas possibilidades. In F. Paixão e F. R. Jorge, Actas do XIII Encontro Nacional de Educação Científica (pp. 37-45). Instituto Politécnico de Castelo Branco. Castelo Branco.

Lopes, J. B. (2009b). Situação Formativa – um enquadramento teórico para promover a qualidade do Ensino de Ciências Físicas. Em J. Bonito Ensino (Org.), *Qualidade e Formação de Professores* (pp. 147-165). Évora: Universidade de Évora.

Lopes, J. B., Branco, J., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011). 'Learning experience' provided by science teaching practice in a classroom and the development of students' competences. *Research in Science Education, 41*(5), 787-809.

Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Silva, A. A. (2008c). Fostering teaching quality through teacher mediation: A framework. Paper presented at the 53rd International Council of Education for Teaching World Assembly, Braga: Universidade do Minho - Portugal.

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

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

Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Costa, N., Marques, L., & Campos, C. (2008b). Transversal Traits in Science Education Research Relevant for Teaching and Research: A Meta-Interpretative Study. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(5), 574-599.

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

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

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

Lopes, J. B., Viegas, C., & Cravino, J. P. (2009). Mediation In and Out of Class for Fostering Teaching and Learning Basic Sciences in Engineering. Em R. Roy (Ed.), *Engineering Education: Perspectives, Issues and Concerns* (1ª Edição, pp. 163–185). Delhi: Shipra Publications.

Lopes, J. B., Viegas, C., & Cravino, J. P. (2010b). Improving the learning of physics and development of competences in engineering students. *International Journal of Engineering Education*, *26*(3), 612-627.

Lyons, T. (2006). Different Countries, Same Science Classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, *28*(6), 591-613.

Machado, M. (2007). *Família e Insucesso Escolar* (Doutoramento). Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, Porto.

Malm, B. (2009): Towards a new professionalism: enhancing personal and professional development in teacher education. *Journal of Education for Teaching*, *35*(1), 77-91.

Martins, A., Malaquias, I., Martins, D., Fiúza, E., Silva, M. M., Neves, M., Soares, R., Campos, A. C., Lopes, J.M., (2003). *Livro Branco da Física e da Química – Diagnóstico 2000 Recomendações 2002* . Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química, Editorial Minerva, Aveiro.

Martins, A., Fiolhais, C., & Paiva, J. (2003). Simulações on-line no ensino da física e da Química. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, *11*(2), 111-117.

Mason, J. (2002). *Researching Your Own Practice: Discipline of Noticing*. New York: Routledge.

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

McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: "Physics education research – The key to student learning". *American Journal of Physics*, *69*(11), 1127-1137.

McGaw, B. (1997). *Response by the Australian Research Council* (Education 1989-1993 Report No. 24). Canberra: Australian Government Publishing Service.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2009). Synergy between teacher practices and curricular scaffolds to support students in using domain specific and domain general knowledge in writing arguments to explain phenomena. *The Journal of the Learning Sciences, 18*(3), 416-460.

McNiff, J., & Whitehead, J. (2002). *Action research: principles and practic*e. London and New York: Routledge.

McNiff, J., & Whitehead, J. (2006). *All You Need to Know about Action Research*. London: Sage Publicsations.

Medeiros, A. & Medeiros, C. (2002). Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86.

Melo, E. S. (2011). Atividades experimentais na escola. *P@rtes – A sua Revista Virtual*, fevereiro 2011.

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

Millar, R. (2010). "Practical Work". Em J. Osborne & J. Dillon, (Eds.), Good practice in science teaching: What research has to say (2nd ed.). Maidenhead, UK: Open University Press.

Millar, R. & Osborne, J. (2009). Research and practice: A complex relationship? Em M. C. Shelley, L. D. Lore & B. Hand (Eds.), *Quality research in literacy and science education: International perspectives and gold standards* (pp.41-61). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Mitchel, S.N., Reilly, R.C. & Louge, M. E. (2009). Benefits of collaborative action research for the beginning teacher. *Teaching and Teacher Education*, *25*(2), 344-349.

Morais, C., & Paiva, J. (2008). Kitchen Science: through the window of the Web. Em A. J. Mendes, I. Pereira, & R. Costa (Eds.), *Computers and Education: Towards Educational Change and Innovation* (pp. 135-145). Londres: Springer-Verlag.

Mortimer, E., Massicame, T., Buty, C. & Tiberghien, A. (2007) Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. Em R. A. Nardi (Ed.), *Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil*, (pp. 53-94). São Paulo: Escrituras Editora.

Mortimer, E. F. & Aguiar, O. G. (2005) Tomada de consciência de conflitos: análise da actividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações en Enseñanza de las Ciências, 10*(2), 1-25.

Mortimer, E. F. & Scott, P. (2002). Actividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planear o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências, 7*(3), 1-24.

Newmann, F. M. & Wehlage, G. G. (1993). Five standards of authentic instruction. *Educational Leadership, 50*, 8-12.

Nicaise, M., Gibney, T., & Crane, M. (2000). Toward an understanding of authentic learning: student perceptions of an authentic classroom. *Journal of Science Education and Technology*, *9*(1), 79–94.

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2009). *The theory underlying concept maps and how to construct them* (Technical Report IHMC CmapTools No. 2006-01 Rev 2008-01) (pp. 1–36). Florida: Institute for Human and Machine Cognition.

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

Pallof, R. & Pratt, K. (2005). *Collaborative online learning together in community*. San Francisco: Jossey-Bass.

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

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

Pegden, C. (1990). *Introdution to Simulation Using SIMAN*. McGraw-Hill McGraw-Hill.

Perkins, W. R. (1998). Introduction to «a brief history of electrical engineering education». *Proceedings of the IEEE, 86*(8), 1788–1791.

Perrenoud, P. (2003). *Porquê construir competências a partir da escola? Desenvolvimento da autonomia e luta contra as desigualdades*. Porto: Asa Editores.

Perrenoud, P. (1999). *Construir as Competências desde a Escola* (B. C. Magne, Trad). Porto Alegre :Artmed Editora.

Ponte, J. P. (2002). Investigar a nossa prática. Em GTI (Ed.), *Reflectir e investigar sobre a prática profissional* (pp. 5-28). Lisboa: APM.

Ponte, J. P. (2003). O ensino da Matemática em Portugal: Uma prioridade educativa? Em *O ensino da matemática: Situação e perspectivas* (CNE - Ministério da Educação;

Ministério da Ciência e do Ensino Superior, pp. 21–56). Lisboa: CNE-Conselho Nacional de Educação.

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*(2), 211-227.

Pozo, J. I. & Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencias*. Madrid: Morata.

Priestley, M., Edwards, R., Priestley, A. & Miller, K. (2012). Teacher agency in curriculum making: agents of change and spaces for manoeuvre. *Curriculum Inquiry, 43*(2), 191-214.

Prosser, M., Ramsden, P., Trigwell, K., & Martin, E. (2003). Dissonance in Experience of Teaching and its Relation to the Quality of Student Learning. *Studies in Higher Education, 28*(1), 37-48.

Ramsden, P. (1992). *Learning to Teach in Higher Education*. London: Routledge.

Redish, E. & Steinberg, R. (1999). Teaching Physics: Figuring Out What Works. *Physics Today*, *52*(1), 24–30.

Redish, E. F. (2000). Discipline-Based Education and Education Research: The Case of Physics. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *21*(1), 85-96.

Redish, E. F. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Reeves, T. C., & Reeves, P. M. (1997). The effective dimensions of interactive learning on the WWW. Em B. H. Khan, (Ed.), *Web-based instruction* (pp. 59-66). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.

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

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

Reigosa, C., & Jiménez-Aleixandre, M. (2007a). Meaning Construction and Contextualization while Solving a Dynamics Task in the Laboratory. Em R. Pintó & D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Research* (pp. 173-185). Dordrecht, Netherlands: Springer.

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

Reveles, J. M., Cordova, R., & Kelly, G. J. (2004). Science literacy and academic identity formulation. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 1111-1144.

Richards, J., Barowy, W., & Levin, D. (1992). Computer simulations in the science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, *1*(1), 67–79.

Richardson, V. (1994), Conducting research on practice. *Educational Researcher, 23*(5), 5-10.

Roldão, M. C. (2000). *Formar professores. Os desafios da profissionalidade e do currículo*. Aveiro: Universidade de Aveiro

Roldão, M. C. (2003). *Gestão do currículo e avaliação de competências. As questões dos professores.* Lisboa: Editorial Presença

Roth, W. M. & Bowen, G. M. (1995). Knowing and interacting: A study of culture, practices, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognition and instruction*, *13*(1), 73-128.

Roth, W. M. (1994) Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of research in Science teaching*, *31*(2), 197-223.

Roth, W.-M. (1998). Teaching and learning as everyday activity. Em K. Tobin & B. Fraser (Ed.), *International handbook of science education*, (pp. 169-181), Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishing.

Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, *58*(1), 136–153.

Rychen, D. S. (2003). La naturaleza de las competencias clave. Una perspectiva interdisciplinaria en internacional. Apresentado no *Congreso de Competencias Básicas*. Barcelona.

Sá, M. H. A., Costa, N., Canha, M. B., & Alarcão, I. (2002). Desafios à pós-graduação em formação de professores na Universidade de Aveiro: das intenções às práticas. *Revista Portuguesa de Educação*, *15*(1), 27–52.

Sabella, M. S., & Redish, E. F. (2007). Knowledge organization and activation in physics problem solving. *American Journal of Physics*, *75*(11), 1017-1029.

Sandoval, W. A. (2005) Understanding students' pratical epistemologies and their Influence on learning through inquiry. *Science Education*, *89*(4), 634-656.

Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(4), 369-392.

Santos, M. E. (1999). *Desafios Pedagógicos para o Século XXI – Suas raízes em forças de mudança de natureza científica, tecnológica e social*. Lisboa: Livros Horizonte.

Saraiva, E., Lopes, J.B., Cravino, J.P. & Santos, C.A. (2012). How do teachers of physical sciences with different professional experiences use visual representations with epistemic functions in the classroom. *Problems of Education in 21st Century*, *42*, 97-114.

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

Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R. A., Schulze, S., & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *The Journal of the Learning Sciences*, *4*(2), 131-166.

Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.

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

Shagrir, L. (2010). Professional development of novice teacher educators: professional self, interpersonal relations and teaching skills. *Professional Development in Education*, *36*(1-2), 45-60.

Shank, G. (2006). *Qualitative Research: A Personal Skills Approach* (2nd Edition). Upper Saddle River, NJ: Merrill.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.

Silva, A. A. (1999). *Didáctica da Física*. Porto: Edições Asa.

Silva, A. T. (2008). *Estratégias Enunciativas em Salas de Aulas de Química: Contrastando professores de estilos diferentes* (doutoramento). Faculdade de Educação, UFMG, Minas Gerais.

Silva, J. & Leite, L. (1997). Actividades laboratoriais em manuais escolares: Proposta de critérios de análise. *Boletín das Ciencias*, *32*, 259-264.

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

Silvestre-Oramas, M. & Zilberstein-Toruncha, J. (2000). *Hacia una didáctica desarrolladora*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

Skolverket. (2006). *A comprehensive description of educational activities in Sweden, including preschool and school age child care activities Sweden* (report No. 283). Stockholm: The Swedish National Agency for Education.

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 34*(9), 1337–1370.

Smits, M. H. S. B., Boon, J., Sluijsmans, D. M. A., & Gog, T. V. (2008). Content and timing of feedback in a web-based learning environment: effects on learning as a function of prior knowledge. *Interactive Learning Environments, 16*(2), 183-193.

Stinner, A. (1994). Providing a contextual base and a theoretical structure to guide the teaching of high school physics. *Physics Education, 29*(6), 375-381.

Streveler, R. A., Litzinger, T. A., Miller, R. L., & Steif, P. S. (2008). Learning conceptual knowledge in the engineering sciences: overview and future research directions. *Journal of Engineering Education, 97*(3), 279-294.

Taitelbaum, D., Mamlok-Naaman, R., Carmeli, M., & Hofstein, A. (2008). Evidence for teachers' change while participating in a continuos proffesional development programme and implementing the inquiry approach in the chemistry laboratory. *International Journal of Science Education, 30*(5), 593-617.

Thacker, B. A. (2003). Recent Advances in Classroom Physics. *Reports on Progress in Physics, 66*(10), 1833–1864.

Tiberghien, A., Veillard, L., Maréchal, J.F., & Buty, C. (2001). An analysis of lab work tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education, 85*(5), 483-508.

Trigwell, K., Prosser, M., & Waterhouse, F. (1999). Relations between teachers' approaches to teaching and students' approaches to learning. *Higher Education, 37*(1), 57-70.

Tudella, A., Ferreira, C., Bernardo, C., Pires, F., Fonseca, H., Segurado, I., & Varandas, J. (1999). Dinâmica de uma aula com investigações. Em P. Abrantes, J. P. Ponte, H. Fonseca, & L. Brunheira (Eds.), *Investigações matemáticas na aula e no currículo* (pp. 87-96). Lisboa: Projecto MPT e APM.

Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2009). Do Pre-service Chemistry Teachers Reflect their Beliefs about Constructivism in their Teaching Practices? *Research in Science Education*, *40*(3), 403–424.

Valadares, J. (1997). O ensino experimental e o construtivismo. *Gazeta de Física*, *20*(1), 30-32.

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

Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(2), 137–158.

Van Joolingen, W.R., & de Jong, T. (1991). Characteristics of simulations for instructional settings. *Education & Computing*, *6*(3-4), 241-262.

Veiga, T.& Henriques, F. (2003) " Os Censos de 1991 e 2001 na Perspectiva do Utilizador – Algumas Reflexões Globais", in Revista Estudos Demográficos nº 34, INE, Lisboa.

Viegas, C., Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (2009). Incremental Innovations in a Physics Curriculum for Engineering Undergraduates. Em W. Aung, K.-S. Kim, J. Mecsi, J. Moscinski & I. Rouse (Eds.), *Innovations 2009 - World Innovations in Engineering Education and Research* (pp. 175-186). Arlington, VA, USA: iNEER.

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

Vygotsky, L. S. (1934). *Pensamento e linguagem* (J. L. Camargo, Trad.). São Paulo: Martins Fontes Editora.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society - Development of higher psychological process*. USA: Harvard University Press.

Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2007). The Impact of Technology on the Enactment of «Inquiry» in a Technology Enthusiast's Sixth Grade Science Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(1), 154-182.

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

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

Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, *27*(6), 705-735.

Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. (1998). Las interactions didactiques: tutelle et/ou médiation? Em A. Dumas Carré & A.Weil-Barais (Eds), *Tuttele et médiation dans l' éducation scientifique*. Bern: Peter Lang International Academic Publishers.

Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. London: Routledge.

Winkler, G. (2001). Reflection and theory: conceptualising the gap between teaching experience and teacher expertise. *Educational Action Research*, *9*(3), 437-449.

Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Pratical work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Woolnough, B. (1998). Authentic science in schools, to develop personal knowledge. Em J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 109-125). Londres: Routledge.

Yeigh, T. (2008). Quality teaching & professional learning: Uncritical reflections of a critical friend. *Australian Journal of Teacher Education*, *33*(2), 1-15.