



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

UNIDADE DE CIÊNCIAS EXACTAS E HUMANAS
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DO 5º ANO DE
ESCOLARIDADE SOBRE ESTRUTURA E PROPRIEDADES DO AR -
- IDENTIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MUDANÇA CONCEPTUAL

TESE DE MESTRADO

HELENA SOFIA MACHADO DOS SANTOS

ORIENTADORES: PROF.^a DOUTORA JESUÍNA FONSECA
PROF.^o DOUTOR JOSEPH CONBOY

1998





CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DO 5º ANO DE
ESCOLARIDADE SOBRE ESTRUTURA E PROPRIEDADES DO
AR - IDENTIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MUDANÇA
CONCEPTUAL

ESTE ESTUDO TEVE O APOIO DA FUNDAÇÃO
CALOUSTE GULBENKIAN ATRAVÉS DO
PROJECTO E/195/97.

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO

2513199	25968
11-2010	

2182 T.

1

RESUMO

A investigação sobre o ensino das Ciências tem demonstrado, nas últimas décadas, que as crianças iniciam a sua vida escolar com ideias, crenças e expectativas sobre os fenómenos naturais. Tais representações espontâneas são geralmente designadas por concepções alternativas. Tem sido, do mesmo modo, evidenciado pela investigação que os alunos não abandonam facilmente as suas concepções prévias, em favor dos novos conceitos científicos que se lhes pretende ensinar. Assim, muitos investigadores enfatizam a importância do conhecimento dessas concepções como ponto de partida e factor essencial no processo de ensino-aprendizagem das ciências. Só uma abordagem de ensino que parta das concepções do aluno e que o confronte com eventos que põem em causa essas concepções, provocando nele o conflito cognitivo, consegue ser eficaz na promoção da mudança conceptual.

Este estudo surgiu na tentativa de compreender melhor as acções do professor que podem estar associadas ao sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual, designadamente o tipo de questionamento do professor, entre outras. Começou pelo conhecimento das concepções alternativas evidenciadas por duas turmas do 5º ano de escolaridade sobre “estrutura e propriedades do ar”, passando de seguida ao planeamento e implementação de uma sequência de seis aulas sobre aquele tópico, usando em ambas as turmas uma estratégia construtivista, mas com um tipo de questionamento diferente em cada turma. Para a análise da estratégia de questionamento foi fundamental a formação de dois observadores exteriores, e recurso aos mesmos, por parte da investigadora deste estudo. Obtiveram-se, entre o pré e o pós-teste, diferenças estatisticamente significativas em termos de número de concepções alternativas, o que indica que as acções da professora foram eficazes na consecução dos objectivos de mudança conceptual dos alunos. Estes resultados foram igualmente evidentes para as duas turmas. Por se ter observado um grande sucesso em ambos os grupos, passou-se à análise do tipo de ensino implementado, visando a identificação de padrões eventualmente facilitadores desse sucesso. Concluiu-se que: as estratégias de ensino utilizadas foram promotoras da mudança conceptual nos alunos em relação ao tópico “estrutura e propriedades do ar”; o tipo de questionamento parece não ter sido um factor tão importante quanto previsto inicialmente, embora o facto possa ter sido devido a insuficiente manipulação da variável; o sexo dos alunos parece constituir um factor relevante na mudança conceptual, tendo-se verificado um "effect-size" nas diferenças de resultados, para os dois tipos de questionamento, superior nos rapazes, quer no pós-teste, quer nas diferenças pré-pós, em favor do questionamento por perguntas abertas; outras estratégias de ensino, como o trabalho experimental e de grupo, a representação do conhecimento do aluno pelo próprio, a interacção professor-aluno, e o recurso à experiência anterior dos alunos, são potencialmente promotoras da mudança conceptual.

ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF FIFTH-GRADE STUDENTS ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF AIR: IDENTIFYING CONCEPT CHANGE STRATEGIES

ABSTRACT

Recent research in science education has demonstrated that young children, even before entering school, already possess powerful ideas, beliefs and expectancies about natural phenomena. Such spontaneous representations are generally referred to as alternative conceptions. The same body of research has indicated that students do not easily abandon their previous conceptions in favor of new scientific concepts they are taught in school. Thus, many educators emphasize the importance of understanding those conceptions as a starting point for, and an essential factor in, the teaching/learning process in the sciences. Only through an approach to teaching that starts from naïve alternative conceptions and then confronts the student with objects and events that bring into question those conceptions - provoking a cognitive conflict in the student - will we be able to efficaciously promote concept change.

One strategy at the teacher's disposal that may be useful in promoting such change is questioning technique, specifically the use of open-ended questioning as opposed to short-answer questioning. In an initial phase of the study, alternative conceptions concerning the structure and properties of air were measured in two fifth-grade classes. A sequence of six lessons on the same topic were planned using a constructivist strategy but employing different questioning techniques for the two groups. The lessons were then implemented in the two groups. External observers analyzed the questioning techniques employed, with an eye toward identifying patterns of teacher behavior that might facilitate success in conceptual change. Statistically significant differences were observed at the posttest, in relation to the pretest, regarding the number of alternative conceptions held by students, indicating that the teacher's actions were efficacious in attaining the objectives of concept change. These results were equally evident in the two groups studied. The type of questioning employed by the teacher was not as strong a factor in promoting concept change as initially predicted, although this may have been due to an insufficient manipulation of the variable. Student sex was a relevant factor in concept change - a comparatively large effect size was observed for boys in relation to girls. The largest gains were for the boys under the condition of open-ended questioning. Other teaching strategies, such as the use of experimental work and group work, the self-representation of knowledge by the students, the use of prior student experience, as well as the nature of the teacher/student interaction, were all judged as potential facilitators of conceptual change.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração e incentivo de várias pessoas, a quem quero agradecer.

Em primeiro lugar, quero expressar um profundo reconhecimento pela colaboração dada pelos meus orientadores: a Professora Doutora Jesuína Brito Fonseca, da Unidade de Ciências Exactas e Humanas da Universidade do Algarve, e o Professor Doutor Joseph Conboy. Sem o seu estímulo, a sua dedicação e os seus ensinamentos não teria sido possível concluir este trabalho.

Durante a pesquisa bibliográfica foram muito úteis os contributos de algumas pessoas, nomeadamente o Doutor John Penick, Professor de Educação em Ciências na Universidade de Iowa, e o Doutor Joseph Novak, Professor no Departamento de Educação da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos.

Também foi muito importante para a realização deste trabalho a colaboração do Conselho Directivo onde o estudo se desenvolveu, bem como dos Encarregados de Educação dos alunos que foram entrevistados.

Merecem ainda um agradecimento especial os dois observadores, alunos do 4º ano do Curso de Física e Química - Ramo Educacional, da Universidade do Algarve, que se prontificaram e disponibilizaram a colaborar neste projecto: David Gago e Henrique Silva.

Agradeço também o apoio financeiro dado pela Fundação Calouste Gulbenkian, através do Projecto E/195/97.

Desejo agradecer de forma geral a todos os colegas e amigos que me incentivaram e deram coragem para o prosseguimento do trabalho, em especial à Maria Antónia Marreiros e ao Norberto Mestre, pelo apoio e carinho que sempre manifestaram.

Finalmente, mas de forma muito reconhecida, quero expressar a minha profunda gratidão a toda a minha família e em especial: aos meus pais, que me acompanharam desde o início de todo este percurso e sempre me deram coragem para continuar; à minha irmã que, embora longe, colaborou bastante na transcrição de entrevistas; ao meu marido, pelo apoio e compreensão nas horas de maior ansiedade; e ainda, merecendo uma palavra especial, à minha filha, Mariana, que, embora muito pequena, me deu sempre ânimo e coragem para continuar.

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. O significado do termo “concepções alternativas”	15
2.2. Principais tradições na investigação sobre concepções dos alunos	19
2.3. Princípios emergentes do conhecimento sobre concepções alternativas	32
2.4. Concepções dos alunos sobre gases e suas propriedades	43
2.5. O conhecimento sobre concepções alternativas e suas implicações para o ensino	50
2.6. Mudança conceptual	54
2.7. Técnicas de mudança conceptual	59
2.8. Ensino das Ciências e formação de professores	64
CAPÍTULO III - METODOLOGIA	73
3.1. Caracterização da população e amostra	73
3.2. Procedimento	77
3.2.1. O planeamento do estudo	77
3.2.1.1. Preparação do ensino e dos recursos e condições necessárias	77
3.2.1.2. Desenvolvimento de instrumentos de medida para análise das concepções dos alunos	79
3.2.2. O desenvolvimento do estudo	90
3.2.2.1. O ensino do tópico	90
3.2.2.2. A observação do ensino e a formação de observadores	94
3.2.3. Observação de trabalhos realizados pelos alunos durante o ensino do tópico	96
CAPÍTULO IV - RESULTADOS	98
4.1. Pergunta de Investigação 1: “Que concepções são evidenciadas pelos alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico Estrutura e propriedades do ar”?	99
4.1.1. Concepções evidenciadas pelos alunos no questionário (antes do ensino)	100
4.1.2. Concepções evidenciadas pelos alunos nas entrevistas (antes do ensino)	123

4.2. Pergunta de Investigação 2: “Que concepções são evidenciadas pelos mesmos alunos após o ensino do tópico Estrutura e propriedades do ar? Como se comparam os resultados do pré-teste com os resultados do pós-teste?”	133
4.2.1. Concepções evidenciadas pelos alunos no questionário (após o ensino)	133
4.2.2. Concepções evidenciadas pelos alunos nas entrevistas (após o ensino)	150
4.3. Pergunta de Investigação 3: “Existem diferenças entre os sexos feminino e masculino no que respeita às concepções evidenciadas pelos alunos?”	160
4.4. Pergunta de Investigação 4: “Que estratégias utilizou a professora nas suas aulas sobre o ensino do tópico Estrutura e propriedades do ar?”	164
4.5. Pergunta de Investigação 5: “Que tipo de interacção verbal foi mantida entre professora e alunos?”	170
4.6. Pergunta de Investigação 6: “Que tipo de perguntas foram formuladas pela professora no ensino daquele tópico?”	176
4.7. Pergunta de Investigação 7: “Qual o efeito do tipo de perguntas formuladas pela professora nas aulas de Ciências sobre as concepções desenvolvidas pelos alunos no tópico Estrutura e propriedades do ar?”	186
4.8. Pergunta de Investigação 8: “Que aspectos da natureza da Ciência foram introduzidos nas aulas?”	194
4.9. Pergunta de Investigação 9: “Foram utilizados, durante as aulas, exemplos da experiência anterior dos alunos?”	200
4.10. Pergunta de Investigação 10: “Que tipos de actividades realizaram os alunos e quais os produtos dessas actividades?”	204
4.11. Pergunta de Investigação 11: “O uso do método experimental combinado com determinado tipo de questionamento será importante para o sucesso do aluno?”	208
4.12. Pergunta de Investigação 12: “Que outras características do ensino experimental se podem identificar em situações de sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual?”	210
4.13. Pergunta de Investigação 13: “Que efeitos tem sobre as concepções dos alunos, um ensino experimental como o que foi levado a cabo neste estudo?”	212

CAPÍTULO V - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	218
5.1. Discussão dos resultados	218
5.1.1. Concepções alternativas evidenciadas antes do ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”	219
5.1.2. Comparação das concepções evidenciadas antes e após o ensino	222
5.1.3. Comparação das concepções evidenciadas pelos dois grupos de alunos na fase final do estudo	227
5.1.4. Identificação de factores potencialmente facilitadores da mudança conceptual em ambos os grupos	227
5.2. Conclusões	231
5.3. Considerações finais	233
 BIBLIOGRAFIA	 236
 ANEXOS	 259
1: Questionário	i
2: Guião de entrevista	xi
3: Transcrição de duas entrevistas	xv
4: Transcrição de parte de duas aulas	xxi
5: Ilustrações de algumas actividades realizadas nas aulas	xxvii
6: Grelha para análise do tipo de perguntas do professor	xxxii
7: Exemplos de trabalhos dos alunos	xxxiii

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1. Distribuição dos sujeitos por sexo, idade e número de reprovações	74
Quadro 3.2. Caracterização do professor observado	76
Quadro 3.3. Distribuição dos alunos entrevistados por grupo, sexo, idade, nº de reprovações e pontuação obtida no questionário (pré-teste)	87
Quadro 4.1. Códigos que designam as variáveis analisadas no questionário	100
Quadro 4.2. Listagem dos códigos atribuídos às respostas dadas no questionário	101
Quadro 4.3. <i>Reconhecimento da presença de ar num recipiente</i>	103
Quadro 4.4. <i>Concepção da estrutura do ar</i>	105
Quadro 4.5. <i>Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado</i>	106

Quadro 4.6. <i>Seleccção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado</i>	108
Quadro 4.7. <i>Seleccção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado</i>	110
Quadro 4.8. <i>Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia</i>	112
Quadro 4.9. <i>Reconhecimento de que o ar tem peso</i>	113
Quadro 4.10. <i>Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão</i>	115
Quadro 4.11. <i>Seleccção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes</i>	116
Quadro 4.12. <i>Concepção do movimento por expansão do ar quando é aquecido</i>	118
Quadro 4.13. <i>Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos</i>	120
Quadro 4.14. <i>Distribuição das pontuações obtidas no questionário antes do ensino</i>	122
Quadro 4.15. <i>O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás? O que há dentro da seringa?</i>	125
Quadro 4.16. <i>Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa</i>	125
Quadro 4.17. <i>Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar?</i>	126
Quadro 4.18. <i>Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido)</i>	127
Quadro 4.19. <i>Existe alguma coisa entre as partículas de ar?</i>	127
Quadro 4.20. <i>Qual é a diferença entre os balões?</i>	128
Quadro 4.21. <i>O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança?</i>	128
Quadro 4.22. <i>O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido?</i>	129
Quadro 4.23. <i>Ao colocar o frasco na tina com água quente o que acontece? De que se enche o balão de borracha?</i>	129
Quadro 4.24. <i>Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi aquilo que estava dentro do balão?</i>	130
Quadro 4.25. <i>Como explicas que a água não caia quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta?</i>	131
Quadro 4.26. <i>Por que será preciso destapar a pipeta para a água cair?</i>	132
Quadro 4.27. <i>Reconhecimento da presença de ar num recipiente</i>	134
Quadro 4.28. <i>Concepção da estrutura do ar</i>	135

Quadro 4.29. <i>Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado</i>	136
Quadro 4.30. <i>Seleccção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado</i>	138
Quadro 4.31. <i>Seleccção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado</i>	139
Quadro 4.32. <i>Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia</i>	140
Quadro 4.33. <i>Reconhecimento de que o ar tem peso</i>	141
Quadro 4.34. <i>Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão</i>	142
Quadro 4.35. <i>Seleccção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes</i>	143
Quadro 4.36. <i>Concepção do movimento por expansão do ar quando é aquecido</i>	144
Quadro 4.37. <i>Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos</i>	146
Quadro 4.38. <i>Distribuição das pontuações obtidas no questionário (antes e após o ensino)</i>	147
Quadro 4.39. <i>O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás?</i>	150
Quadro 4.40. <i>Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa.</i>	150
Quadro 4.41. <i>Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar? A quantidade de ar no interior da seringa aumenta, diminui ou mantém-se?</i>	151
Quadro 4.42. <i>Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido).</i>	152
Quadro 4.43. <i>Existe alguma coisa entre as partículas de ar?</i>	153
Quadro 4.44. <i>Qual é a diferença entre os balões?</i>	154
Quadro 4.45. <i>O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança?</i>	154
Quadro 4.46. <i>O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido?</i>	154
Quadro 4.47. <i>Ao colocar o frasco na tina com água quente o que acontece? De que se enche o balão de borracha?</i>	155
Quadro 4.48. <i>Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi o que estava dentro do balão?</i>	156
Quadro 4.49. <i>Como explicas que a água não caia quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta?</i>	158
Quadro 4.50. <i>Por que será preciso destapar a pipeta para a água cair?</i>	159
Quadro 4.51. <i>Distribuição das pontuações obtidas no pré-teste e no pós-teste</i>	

(por grupo e por sexo)	160
Quadro 4.52. Distribuição das pontuações obtidas no questionário antes e após o ensino (por sexo)	162
Quadro 4.53. Estratégias utilizadas na aula nº 1	164
Quadro 4.54. Estratégias utilizadas na aula nº 2	165
Quadro 4.55. Estratégias utilizadas na aula nº 3	166
Quadro 4.56. Estratégias utilizadas na aula nº 4	167
Quadro 4.57. Estratégias utilizadas na aula nº 5	168
Quadro 4.58. Estratégias utilizadas na aula nº 6	169
Quadro 4.59. Interação verbal mantida na aula nº 1	171
Quadro 4.60. Interação verbal mantida na aula nº 2	172
Quadro 4.61. Interação verbal mantida na aula nº 3	172
Quadro 4.62. Interação verbal mantida na aula nº 4	173
Quadro 4.63. Interação verbal mantida na aula nº 5	174
Quadro 4.64. Interação verbal mantida na aula nº 6	175
Quadro 4.65. Quadro-síntese dos índices IA/IP e TA/TP e do tempo de silêncio ao longo da sequência de ensino	175
Quadro 4.66. Quadro-síntese do número médio de intervenções por aluno, na globalidade, e de acordo com o sexo, ao longo da sequência de ensino	176
Quadro 4.67. Tipos de perguntas segundo o 1º nível de classificação (Blosser, 1991)	177
Quadro 4.68. Tipos de perguntas segundo o 2º nível de classificação (Penick, Crow & Bonnstetter; 1996)	178
Quadro 4.69. Perguntas formuladas na aula nº 1	179
Quadro 4.70. Perguntas formuladas na aula nº 2	180
Quadro 4.71. Perguntas formuladas na aula nº 3	181
Quadro 4.72. Perguntas formuladas na aula nº 4	182
Quadro 4.73. Perguntas formuladas na aula nº 5	182
Quadro 4.74. Perguntas formuladas na aula nº 6	183
Quadro 4.75. Razão PA/PF nas aulas com o Grupo PA e com o Grupo PF, de acordo com os observadores exteriores O1 e O2	184
Quadro 4.76. Quadro-síntese do número de perguntas de cada tipo, de acordo com o 2º nível de classificação	184
Quadro 4.77. Resultados obtidos no questionário antes e após o ensino	188
Quadro 4.78. Diferença entre os resultados do Grupo PA e do Grupo PF (análise de variância)	188
Quadro 4.79. Valores obtidos para o ES (“effect size”)	189

Quadro 4.80. Diferença entre os resultados obtidos antes do ensino e após o ensino (teste-t)	189
Quadro 4.81. Resultados obtidos no questionário antes e após o ensino (por sexos)	190
Quadro 4.82. Diferença entre os resultados obtidos pelos alunos do sexo masculino e do sexo feminino (análise de variância)	191
Quadro 4.83. Valores obtidos para o ES (“effect size”) para comparação dos dois grupos (PF e PA)	192
Quadro 4.84. Concepções correctas (em %) evidenciadas no questionário nas fases pré-teste e pós-teste	213
Quadro 4.85. Pontuações médias obtidas no questionário no pré-teste e no pós-teste, por grupo de alunos e por sexo	214
Quadro 4.86. Pontuações médias obtidas no questionário no pré-teste e no pós-teste, considerando a amostra total de alunos	214
Quadro 4.87. Número de respostas correctas dadas nas entrevistas na fase pré-teste e na fase pós-teste, por grupo de alunos	215
Quadro 4.88. Resumo das estratégias utilizadas pela professora no ensino do tópico	216

ÍNDICE DE FIGURAS E GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Distribuição dos alunos por sexo	75
Gráfico 3.2. Distribuição dos alunos de cada grupo por idade	75
Gráfico 3.3. Distribuição dos alunos de cada grupo por nº de reprovações	76
Figura 3.1. Esquema do plano a que obedeceu o estudo quase-experimental	78
Figura 3.2. Desenho da investigação	80
Gráfico 4.1. Reconhecimento da presença de ar (por tipo de concepção)	104
Gráfico 4.2. Reconhecimento da presença de ar (por grupos)	104
Gráfico 4.3. Estrutura do ar (por tipo de concepção)	..105
Gráfico 4.4. Estrutura do ar (por grupos)	..105
Gráfico 4.5. Distribuição do ar num recipiente (por tipo de concepção)	..107
Gráfico 4.6. Distribuição do ar num recipiente (por grupos)	..107
Gráfico 4.7. Melhor estrutura e distribuição do ar (por tipo de concepção)	..109
Gráfico 4.8. Melhor estrutura e distribuição do ar (por grupos)	..109
Gráfico 4.9. Pior estrutura e distribuição do ar (por tipo de concepção)	..111

Gráfico 4.10. Pior estrutura e distribuição do ar (por grupos)	..111
Gráfico 4.11. Quantidade de ar num recipiente fechado (por tipo de concepção)	..112
Gráfico 4.12. Quantidade de ar num recipiente fechado (por grupos)	..112
Gráfico 4.13. O ar tem peso (por tipo de concepção)	...114
Gráfico 4.14. O ar tem peso (por grupos)	...114
Gráfico 4.15. O ar ocupa espaço e exerce pressão (por tipo de concepção)	...115
Gráfico 4.16. O ar ocupa espaço e exerce pressão (por grupos)	...115
Gráfico 4.17. Ordem por que se apagam três velas (por tipo de concepção)	...117
Gráfico 4.18. Ordem por que se apagam três velas (por grupos)	...117
Gráfico 4.19. Movimento do ar quando é aquecido (por tipo de concepção)	...119
Gráfico 4.20. Movimento do ar quando é aquecido (por grupos)	...119
Gráfico 4.21. O ar exerce pressão (por tipo de concepção)	...120
Gráfico 4.22. O ar exerce pressão (por grupos)	...120
Gráfico 4.23. Pontuações obtidas no questionário	...122
Gráfico 4.24. Pontuações médias obtidas no questionário	...123
Gráfico 4.25. Desvios-padrão relativos às pontuações médias do questionário	...123
Gráfico 4.26. Reconhecimento da presença de ar (antes e após o ensino)	134
Gráfico 4.27. Estrutura do ar (antes e após o ensino)	135
Gráfico 4.28. Distribuição do ar (antes e após o ensino)	136
Gráfico 4.29. Melhor representação do ar (antes e após o ensino)	138
Gráfico 4.30. Pior representação do ar (antes e após o ensino)	139
Gráfico 4.31. Quantidade de ar num volume variável (antes e após o ensino)	140
Gráfico 4.32. O ar tem peso (antes e após o ensino)	141
Gráfico 4.33. O ar ocupa espaço (antes e após o ensino)	142
Gráfico 4.34. Ordem por que se apagam três velas... (antes e após o ensino)	143
Gráfico 4.35. Movimento do ar quando aquecido (antes e após o ensino)	145
Gráfico 4.36. O ar exerce força (antes e após o ensino)	146
Gráfico 4.37. Distribuição das pontuações obtidas antes e após o ensino (PA)	148
Gráfico 4.38. Distribuição das pontuações obtidas antes e após o ensino (PF)	148
Gráfico 4.39. Pontuações médias antes e após o ensino	149
Gráfico 4.40. Desvios-padrão relativos às pontuações médias antes e após...	149
Gráfico 4.41. Pontuações médias por sexos (Grupo PA)	161
Gráfico 4.42. Pontuações médias por sexos (Grupo PF)	161
Gráfico 4.43. Desvios-padrão por sexos (Grupo PA)	161
Gráfico 4.44. Desvios-padrão por sexos (Grupo PF)	161
Gráfico 4.45. Pontuações médias por sexos (Amostra total)	163
Gráfico 4.46. Desvios-padrão por sexos (Amostra total)	163

Gráfico 4.47. Evolução observada de acordo com os resultados do questionário	190
Gráfico 4.48. Evolução das pontuações do questionário (por grupo e por sexo)	193

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Temos assistido nos últimos anos a uma evolução imparável da ciência e da tecnologia. O avanço da investigação neste domínio tem-se verificado quase diariamente, permitindo adquirir novos conhecimentos que põem em causa os anteriores e que provocam, num grande número de pessoas, um sentimento de dúvida em relação ao que será o futuro (não muito longínquo). Este facto coloca aos professores de Ciências a difícil tarefa de preparar os seus alunos para uma sociedade quase desconhecida.

A tomada de consciência de que o ensino das Ciências não tem sido eficaz, por não ter conseguido acompanhar esta evolução, fez com que os educadores em Ciência se voltassem para as novas perspectivas da Filosofia da Ciência e da Psicologia Educacional, passando do behaviorismo (predominante até finais da década de 60 e início da de 70), para uma maior ênfase às correntes cognitivas e construtivistas, e dessem mais importância ao aluno, à forma como aprende e às concepções ou ideias que possui no início do ensino formal de determinados tópicos de Ciências.

É assim que surge nos finais dos anos 70 um grande movimento de pesquisa educacional na linha das “concepções alternativas”. Existem muitos termos relacionados com esta designação, nomeadamente: pré-concepções, estruturas alternativas, concepções erradas, ideias prévias, ciência das crianças e concepções pré-científicas. No entanto, a designação que parece reunir um maior consenso é a de “concepções alternativas”: “concepções” porque são representações espontâneas da criança, enquanto modo pessoal e natural de organização dos dados da percepção relativamente a um problema particular; enquanto apreensão sensível, intuitiva e imediata do objecto pelo sujeito e, portanto, independente e muitas vezes anterior à maioria das aquisições escolares; e “alternativas” porque sugerem diferenças qualitativas entre as representações do aluno e os conceitos científicos (Santos, 1991).

É hoje amplamente aceite que as crianças constroem expectativas ou crenças acerca dos fenómenos naturais, esforçando-se por tornar significativas as experiências de todos os dias. Mesmo antes do ensino formal já desenvolveram ideias sobre vários temas que irão ser abordados durante o ensino das ciências e que vão interferir fortemente no processo de ensino-aprendizagem.

A investigação demonstrou também que os alunos não abandonam facilmente as suas concepções prévias, em favor de novos conceitos científicos que lhes são ensinados. Parecem existir duas razões principais para este facto: em primeiro lugar, a

maior parte dos alunos fica satisfeita com as suas próprias concepções e não vê qualquer valor nas novas ideias científicas; em segundo lugar, as concepções que já estão interiorizadas determinam substancialmente o processo de aprendizagem subsequente, ou seja, os alunos vêem aquilo que o professor (ou o manual) lhes apresenta de acordo com as concepções pré-estabelecidas e, conseqüentemente, a sua compreensão do conceito resultará da interacção de ambos (Duit & Treagust, 1995).

As concepções alternativas dos alunos são apontadas pelos investigadores como uma das variáveis mais significativas do ensino das ciências, com uma conotação positiva, isto é, são condição necessária à construção do conhecimento científico. Ignorar tais concepções é uma das principais causas da ineficácia da acção educativa; qualquer estratégia educativa eficaz tem que ter em conta as concepções do aluno antes de chegar à sala de aula. Uma das mais importantes conclusões da investigação sobre concepções alternativas foi a necessidade de efectuar mudanças profundas no processo de ensino-aprendizagem para produzir um ensino mais eficiente.

Para ensinar ciências de uma maneira eficaz, os professores devem compreender não só o que os alunos normalmente sabem acerca dos tópicos que pretendem ensinar, mas também como é que eles aprendem ciências e que estratégias de ensino são mais apropriadas para o seu desenvolvimento conceptual. Talvez seja através do estudo dos percursos que os alunos escolhem em direcção ao conhecimento científico, que conseguimos compreender por que razão alguns são capazes de atingir facilmente os objectivos pretendidos, enquanto outros se perdem e se afastam da meta desejada. Esta é, na sua essência, a assunção implícita do “Movimento das Concepções Alternativas” (Millar, 1989).

Existem três tradições principais na investigação sobre concepções dos alunos: a abordagem piagetiana na tradição da epistemologia genética, a abordagem proveniente das aplicações da filosofia das ciências no âmbito da mudança conceptual e a abordagem dos erros sistemáticos. Estas três categorias não são exaustivas, nem se excluem mutuamente, mas podem fornecer uma estrutura organizativa para esta ampla área de investigação.

As influências da epistemologia genética na investigação sobre concepções do aluno relacionam-se sobretudo com: o reconhecimento do desenvolvimento de micro-estruturas (em contraste com os estádios, que enfatizam as macro-estruturas); a observação do desenvolvimento de conceitos particulares, procurando os investigadores analisar, através de tarefas, como as crianças agem, percebem e operam; com as operações mentais que formam as raízes básicas do desenvolvimento conceptual; com os esquemas ou sequências de acções (onde se englobam aquelas operações mentais) que se tornam activos quando se dá o confronto com uma certa situação; com a

construção, refinamento e internalização desses esquemas, processos estes que ocorrem numa abordagem de construção de teorias que se completa com a experimentação; e, finalmente, com a abstracção reflexiva, que é assumida como o processo pelo qual os esquemas se estabilizam.

A investigação desenvolvida, a partir da filosofia da ciência, no âmbito da mudança conceptual levou à rejeição da ideia de que a aprendizagem se processa por acumulação de factos ou regras e levou à aceitação de que, por um lado, existe um paralelismo entre a forma como a teoria influencia a observação e como as pré-concepções influenciam a aprendizagem futura (Novak, 1977) e que, por outro lado, os alunos possuem crenças muito bem estabelecidas ao entrarem para o ensino formal, as quais se assemelham a uma espécie de “mini-teorias” (Osborne, 1984). Os resultados desta linha de investigação apontam ainda para a necessidade de desafiar a concepção de Ciência, retida por muitos alunos e professores, para que seja possível mudar as estruturas conceptuais de cada indivíduo (Driver & Bell, 1986).

Por último, a investigação sobre erros sistemáticos aborda as concepções erradas como erros sistemáticos, perspectivando estas dificuldades como algo inevitável e necessário ao desenvolvimento do conhecimento. Porém, ao contrário das duas tradições anteriores, não as considera legítimas do ponto de vista epistemológico, mas sim como algo primitivo em termos de desenvolvimento. A investigação nesta área preocupa-se sobretudo com os erros de diagnóstico e com a sua remediação através da exposição e rejeição.

Em qualquer das linhas de investigação acima consideradas, muitas e de diferentes domínios da Ciência, foram as concepções alternativas estudadas. A maior parte pertencem à área da Física, onde se destacam conceitos de mecânica (como força e movimento, gravidade, velocidade e aceleração), de electricidade, de calor e temperatura, de óptica, da teoria corpuscular da matéria, de energia, das ciências da terra e do espaço e de “física moderna”). Também existem muitos estudos da área da Biologia, onde se abordam principalmente conceitos relacionados com a vida, os animais e as plantas, o corpo humano, a continuidade da vida (reprodução, genética e evolução), células e até cadeias alimentares. Em menor quantidade, mas não menos relevantes, são os estudos desenvolvidos no âmbito da Química. O trabalho desenvolvido na área das concepções dos alunos tem sido orientado no sentido de examinar a aprendizagem através de métodos que têm lugar fora da sala de aula, em entrevistas, embora alguns investigadores tentem relacionar os seus estudos com outras técnicas, tais como a observação na sala de aula e a apreciação de materiais.

Toda a investigação levada a cabo nos últimos anos, no campo do Movimento das Concepções Alternativas, fez emergir um conjunto de oito princípios importantes:

1º) Os alunos chegam ao ensino formal das ciências com uma série de concepções alternativas que se relacionam com objectos e eventos naturais;

2º) As concepções alternativas que os alunos trazem para o ensino formal das ciências ultrapassam fronteiras de idades, capacidades, sexos e culturas;

3º) As concepções alternativas são tenazes e resistem à extinção por meio de estratégias de ensino convencionais;

4º) As concepções alternativas são frequentemente paralelas às explicações sobre fenómenos naturais oferecidas pelas primeiras gerações de cientistas e filósofos;

5º) As concepções alternativas têm as suas origens num conjunto de diversas experiências pessoais incluindo a observação directa e a percepção, a cultura de pares e a linguagem, bem como nas explicações dos professores e nos materiais de ensino;

6º) Os professores subscrevem frequentemente as mesmas concepções alternativas que os seus alunos;

7º) O conhecimento prévio dos alunos interage com o conhecimento apresentado no ensino formal, resultando num conjunto de diversas aprendizagens indesejadas;

8º) As abordagens de ensino que facilitam a mudança conceptual podem ser ferramentas eficazes a usar na sala de aula.

De acordo com os princípios acima enumerados, pode dizer-se então que o conhecimento profundo sobre concepções alternativas tem necessariamente implicações para o ensino. Se os alunos trazem concepções alternativas para a sala de aula, a fim de explicar observações que são guardadas pela sua própria experiência, então, neste sentido, não podem ser “erradas”, mesmo que o professor as considere incompletas ou limitadas segundo o seu ponto de vista (Driver, 1981).

Nussbaum & Novick (1982) sugeriram que o professor deve criar situações que façam com que os seus alunos invoquem a sua estrutura conceptual, pedindo-lhes que a descrevam verbal ou graficamente, ajudando-os a clarificar as suas ideias, debater as vantagens e desvantagens, a fim de chegar à solução mais generalizável possível e evitando a avaliação. Mas, segundo Hewson (1981) a mudança conceptual é relativamente difícil de alcançar, a não ser que o indivíduo esteja pouco satisfeito com as suas crenças e veja uma estrutura alternativa como mais inteligível, plausível e útil.

Para este último autor, a mudança conceptual pode ocorrer de diferentes formas num indivíduo: pode existir adição de novas concepções através de experiências, do desenvolvimento pessoal respeitante ao indivíduo ou pelo contacto com outras pessoas; pode dar-se uma reorganização das concepções existentes, motivada externamente por alguma ideia nova, ou internamente devido a algum processo de pensamento; ou pode haver uma rejeição de uma determinada concepção existente, talvez provocada por uma reorganização conceptual ou uma remoção causada por novas concepções. Todas estas

formas não são independentes; uma pode dar lugar a outra de acordo com padrões complexos e sempre em mudança. Assim, a nova concepção pode ser memorizada, ou pode substituir a anterior e reconciliar-se com as restantes concepções através de um processo denominado “troca conceptual”, ou pode ainda reconciliar-se com as concepções existentes através de um processo designado por “captura conceptual”. A reconciliação é importante porque é o processo pelo qual uma pessoa atribui sentido a uma nova concepção, vendo-a no contexto do conhecimento e da compreensão já existentes.

Quando as concepções alternativas são conciliáveis com os conceitos científicos a aprender, o aluno constrói o novo no prolongamento do familiar (captura conceptual); este conhecimento funciona como estrutura de acolhimento do novo. Mas se as concepções alternativas estão em confronto com o conhecimento científico, a aprendizagem implica conflito cognitivo, estratégias de construção (e reconstrução) de novos conceitos, e também estratégias de abertura a uma mudança consciente e racionalmente preparada de desestruturação (troca conceptual).

No segundo caso (situação de conflito) o conhecimento comum e o conhecimento científico apresentam-se ao aluno como eventualmente contraditórios. A integração é difícil e pode até nem ter lugar. Dado ser no 2º e 3º ciclos do ensino básico onde tem lugar a introdução de um grande número de modelos teóricos das Ciências, é previsível que seja também aí onde as situações de conflito sejam mais pertinentes (Cachapuz, 1995).

Ao professor compete partir do que o aluno já sabe, promover a mudança conceptual e fomentar o papel activo do aluno na mudança. Assim, o professor deverá partir da identificação das concepções alternativas e preparar e desenvolver estratégias de ensino mais eficazes que permitam ao aluno construir um novo conceito científico. Portanto, a mudança conceptual no aluno só será possível se existir uma mudança metodológica no ensino.

Na opinião de Hewson (1981), o papel do professor de ciências deve ser mais alargado do que o de um mero apresentador de informação. Ele deve instigar o descontentamento em relação a concepções alternativas e deve encorajar o diálogo entre perspectivas opostas. Deve também ser capaz de avaliar em que estágio do processo de mudança conceptual se encontram os alunos. O professor como clarificador de ideias e apresentador de informação não se adequa de forma alguma ao processo de acomodação de novas concepções. Ele deve, pelo contrário, assumir-se como um adversário, no sentido que deve confrontar o aluno com problemas que aparecem necessariamente quando este tenta assimilar novas concepções, e também como um modelador do pensamento científico, exigindo uma consistência entre crenças e teoria, procurando a

diminuição das crenças, provocando um ceticismo em relação a coisas que possam não fazer sentido e fomentando uma apreciação crítica das discrepâncias entre diferentes resultados (que podem, ou não, estar de acordo com a teoria).

De acordo com Wandersee, Mintzes & Novak (1995), existem dois tipos de técnicas de mudança conceptual: as que procuram externalizar e modificar a estrutura do conhecimento do aluno e as que enfatizam a necessidade de auto-monitorização e controle de situações de aprendizagem. Nas primeiras, incluem-se as entrevistas clínicas, os mapas conceptuais, as simulações por computador, as tarefas de classificação e associação de palavras e as discussões na sala de aula (como técnicas para externalização da estrutura cognitiva), e ainda os exercícios de reflexão ou de metacognição, a utilização do conflito ou do confronto e o uso de analogias (que se inserem nas técnicas para modificação da estrutura cognitiva). Quanto ao segundo tipo de técnicas (que podem coincidir com as anteriores, mas tendo objectivos diferentes), servem para ajudar o aluno a “aprender a aprender” e designam-se por técnicas de meta-aprendizagem. Alguns exemplos são: mapas de conceitos, diagramas em V e diagramas de conceitos em círculo.

Talvez as estratégias de mudança conceptual que parecem ter mais sucesso se baseiem, não numa só técnica, mas sim num vasto conjunto de técnicas básicas derivadas da teoria, que podem ser utilizadas em diferentes combinações, de acordo com as necessidades manifestadas pelo alunos (Wandersee et al., 1995). Embora muitas técnicas estejam num estado de desenvolvimento e implementação embrionário no que diz respeito à investigação, houve já muitos estudos que tentaram apreciar a sua eficácia em situações de sala de aula.

Cachapuz (1995) defende que o ensino das Ciências deve ser orientado numa perspectiva de trabalho científico, ou seja, segundo uma abordagem que harmonize a aprendizagem dos conceitos, o desenvolvimento de competências nos alunos e a construção de imagens pós-positivistas no que respeita à natureza do projecto científico. O mesmo autor evoca como princípio orientador do ensino das Ciências, o pluralismo metodológico. Neste sentido, sugere:

- 1) situações experimentais, com diferentes graus de abertura;
- 2) o uso adequado de questões, em particular das chamadas “questões para a acção”, isto é, questões que encorajam os alunos a usar as suas próprias ideias;
- 3) a exploração do trabalho de grupo como estrutura de aprendizagem cooperativa e de comunicação;
- 4) o uso de relatório do trabalho experimental, como um instrumento que permite aos alunos aperceberem-se das suas ideias e eventualmente reformular a sua

compreensão sobre o que se passou, ou seja, o relatório como um instrumento de aprendizagem metacognitiva.

Segundo os construtivistas, os alunos constroem ou idealizam o seu próprio conhecimento baseando-se nas suas observações e experiências. Se o conhecimento prévio auto-adquirido dos alunos difere dos conceitos apresentados no ensino convencional das ciências, dever-se-ão então utilizar abordagens de ensino que, partindo das concepções iniciais do aluno, conduzam a uma mudança conceptual (Roth, 1989). Se quisermos que os alunos descubram, que se tornem melhores na resolução de problemas, que compreendam que as explicações do dia-a-dia, intuitivas, acerca do mundo que nos rodeia, precisam de ser adaptadas de modo a melhor descrever, antecipar, explicar e controlar os fenómenos naturais, então terão que desenvolver capacidades de nível mais elevado do que aquelas que o ensino convencional enfatiza. Alguns professores acreditam que os alunos têm que aprender primeiro os factos, levando-os só depois a pensar sobre eles. Esta maneira de pensar ignora a importância dos vários processos pelos quais os factos podem ser adquiridos.

Pensar é uma forma de aprender (Raths et al., 1986). Se o ensino sistemática e explicitamente desenvolver no aluno a tomada de consciência e o conhecimento dos seus próprios processos de pensar durante a aprendizagem, se estimular o confronto desses processos com os utilizados pelos colegas e pelo professor na apresentação do ensino, então, o ensino possibilita ao aluno a capacidade de controlar, monitorizar, intervir sobre os seus próprios processos de aprender, desenvolvendo-os, adequando-os às tarefas de aprendizagem ou modificando-os. Esta perspectiva de ensino foi denominada por Valente (1991) e Salema (1993) como ensino do pensar desenvolvente da metacognição. De acordo com a primeira destas duas autoras, há forte evidência de que os alunos, quando treinados a desenvolver o pensamento metacognitivo, não só aprendem melhor os conteúdos e as competências específicas das áreas curriculares, como desenvolvem competências gerais de aprender a aprender. Se se pretende desenvolver uma aprendizagem que reforce o saber pensar é necessário que se desloque para o aluno o pólo da responsabilidade pela sua própria aprendizagem, bem como o controlo da mesma. De acordo com Valente (1989), a instrução deve explicitar e treinar directamente o pensamento metacognitivo, desenvolvendo estratégias de ensino conducentes a esse desenvolvimento, tais como: estratégias que estimulem os alunos a verbalizarem as suas dificuldades e os processos cognitivos utilizados nas tarefas; estratégias de ensino como a explicação por parte do professor dos seus próprios processos mentais; e estratégias de ensino como a explicação ao aluno do processo

cognitivo subjacente aos conteúdos e o desenvolvimento de procedimentos mais dirigidos à compreensão do que à correcção.

O pensar pode ser fomentado através de perguntas, quer da parte do professor, quer da parte dos alunos. O tipo de perguntas que os professores fazem, influencia o nível de operações do pensamento em que os alunos se envolvem. Não basta fazer muitas perguntas; é necessário diversificar o tipo de perguntas (Blosser, 1991). Dar peso, somente, às perguntas fechadas (que admitem um número limite de respostas aceitáveis ou “correctas”), conduz os alunos a desenvolverem capacidades apenas na acumulação e recuperação de dados. As perguntas abertas (que prevêm uma série de respostas aceitáveis e não propriamente uma ou duas “respostas correctas”) podem ajudar os alunos a pensar a um nível mais elevado, reflectindo sobre as suas próprias ideias, pondo-as em causa e modificando-as, se necessário.

Relativamente ao uso de questões na sala de aula, Penick, Crow & Bonnstetter (1996) defendem que os professores de Ciências que procuram a excelência modelam o uso eficaz de questões em investigação científica. Eles são conscientes que os alunos aprendem as questões e a lógica da Ciência, desenvolvem skills de pensamento e a literacia científica. As questões fazem surgir novas ideias e sugestões, estimulam o pensamento e a acção do aluno, revelando-se, assim, uma peça fundamental na lógica de resolução de problemas. Aqueles autores desenvolveram uma estratégia de questionamento com o objectivo de fornecer aos professores mais uma ferramenta para pensar sobre questões e o seu uso num contexto de investigação na aula de Ciências. É uma estratégia que ajuda o professor a determinar o próximo passo e a verificar o que os alunos já sabem e que também permite que os alunos vejam como é que o professor procede no que respeita à formulação de perguntas quando se pretende resolver problemas, revelando a lógica e as estratégias de resolução destes. Esse sistema, denominado HRASE (*History- Relationships- Application- Speculation- Explanation*) foi concebido principalmente para ser útil ao professor na sala de aula, tratando-se de uma estratégia prática e não de uma teoria. A ordem das questões, numa determinada situação, obedece a uma lógica, começando com algumas considerações do aluno e chegando, por fim, a uma profundidade razoável na conversação.

Além das perguntas propriamente ditas, existem outras estratégias que o professor pode pôr em prática para promover o pensamento por parte do aluno, nomeadamente: o uso de laboratório combinado com o questionamento, o estabelecimento de relações entre os fenómenos observados e discutidos na aula e as vivências do dia-a-dia, a representação do conhecimento através de relatórios ou esquemas que levem à metacognição e até a implementação de um clima de sala de aula que propicie a

discussão entre professor e alunos e alunos entre si e que permita a intervenção espontânea por parte de cada aluno, sempre que assim o desejar.

De acordo com Roth (1996), num ambiente de sala de aula centrado no aluno, em que se solicita que manipule materiais e experimente, recomenda-se o uso de perguntas que incitem a reflexão e análise, de modo a promover uma perspectiva da Ciência, enquanto procura dinâmica de respostas. Lunetta (1995) defende que o trabalho experimental é uma estratégia de ensino que promove a compreensão de conceitos científicos, o desenvolvimento de skills científicos práticos, capacidades de resolução de problemas, desenvolvimento do interesse e motivação e a compreensão da natureza da Ciência. Nussbaum & Novick (1982) sugeriram que o laboratório oferece condições e oportunidades para o conflito cognitivo, o qual pode promover a mudança conceptual significativa nos alunos. Neste sentido, um dos processos cognitivos mais importantes que estão envolvidos num ambiente de trabalho experimental é a metacognição. Mas a pesquisa em laboratório por si só não é suficiente para ajudar os alunos a construir o complexo conhecimento conceptual da comunidade científica contemporânea (Lunetta, 1995). Se os conhecimentos dos alunos forem modificados em direcção aos que são aceites cientificamente, então a intervenção e negociação com o professor é essencial (Driver, 1995).

Existem muitos estudos sobre concepções alternativas, os quais abrangem diversos tópicos do ensino das Ciências e várias faixas etárias. Actualmente verifica-se um aumento do número de estudos realizados nesta área em Portugal. São também muitas as investigações desenvolvidas sobre a orientação metodológica dos professores de Ciências e dos aspectos conducentes ao sucesso dos alunos.

No entanto, faltam no nosso país estudos que identifiquem metodologias específicas de ensino que levem ao abandono, por parte do aluno, das concepções alternativas que possui num determinado tópico e que analisem em que medida as estratégias adoptadas pelo professor contribuem para a mudança conceptual. Tais estudos revestem-se de uma importância significativa para a educação em Ciências, sobretudo quando envolvem uma observação cuidadosa dessas acções do professor conduzida a interpretações e recomendações fundamentadas respeitantes ao perfil do mesmo.

Temas relacionados com o ar e as suas propriedades parecem ser, de entre os que são tratados no 5º ano de escolaridade, dos que envolvem mais concepções alternativas nos alunos. No nosso país, o programa actual do Ministério da Educação refere, como objectivo principal da unidade temática “Importância do ar para os seres vivos”: identificar, experimentalmente, propriedades do ar. Além disso, enuncia três grandes

conteúdos programáticos para aquele tema: constituintes do ar - suas propriedades, importância dos gases atmosféricos e factores que alteram a qualidade do ar. Assim, parece importante levar a efeito um estudo que, para além de identificar concepções alternativas dos alunos sobre o tema “Estrutura e propriedades do ar”, possa promover nos professores estratégias que facilitem a mudança conceptual dos alunos.

• *Objectivos do estudo*

Na tentativa de compreender melhor as acções do professor eventualmente associadas ao sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual, no tópico “Estrutura e propriedades do ar”, e no sentido de contribuir para o aumento do conhecimento no âmbito das metodologias e estratégias desenvolventes dessa mudança conceptual, o presente estudo, envolvendo diversas formas de observação do professor e da sua relação com os alunos, bem como formas de identificar concepções alternativas e mudança conceptual nestes, tem como objectivos principais:

- Conhecer as concepções evidenciadas por alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”;
- Analisar os efeitos do ensino do tópico em termos de mudança conceptual nos alunos;
- Estudar em que medida as concepções alternativas dos alunos são modificadas em função da metodologia de questionamento adoptada pelo professor de Ciências;
- Explorar que outros tipos de acções são implementadas por um professor no ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”; e
- Contribuir para a melhoria do ensino das Ciências.

Estes objectivos gerais, podem ser especificados com mais detalhe:

1. Identificar e descrever concepções evidenciadas por alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”, em dois momentos diferentes (antes e após o ensino daquele tópico);
2. Comparar essas concepções evidenciadas pelos alunos antes e após o ensino do tópico;
3. Analisar a interacção verbal entre professor e alunos, como componente do clima da sala de aula, durante o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”;
4. Identificar o tipo de perguntas formuladas pelo professor na interacção verbal mantida com os alunos;

5. Verificar se existe alguma relação entre o tipo de perguntas formuladas pelo professor de Ciências nas suas aulas e as concepções desenvolvidas pelos alunos ao longo do ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”;

6. Analisar actividades realizadas pelos alunos ao longo dessas aulas e identificar produtos das mesmas, nomeadamente relatórios escritos, esquemas/desenhos e mapas conceptuais;

7. Identificar os tipos de estratégias de ensino postas em prática nas aulas de Ciências durante o ensino daquele tópico, em combinação com as diferentes metodologias de questionamento;

7.1. Identificar situações de ensino experimental;

7.2. Identificar situações de trabalho em grupo;

7.3. Identificar momentos de utilização da experiência anterior dos alunos (fora ou dentro da Escola);

7.4. Identificar manifestações de ensino de acordo com a natureza da Ciência;

8. Desenvolver materiais/actividades didácticas para o ensino daquele tópico;

9. Desenvolver instrumentos de medida para analisar as acções do professor;

10. Desenvolver instrumentos de medida para analisar as concepções dos alunos;

11. Planear e conduzir sessões de formação de observadores;

12. Criar oportunidades para que os dois observadores, futuros estagiários, pratiquem competências de observação adquiridas na sua formação inicial;

13. Promover a mudança conceptual nos alunos.

• *Questões de investigação e variáveis a estudar*

Devido à grande importância que o professor de Ciências tem na formação de alunos, futuros “cidadãos responsáveis”, capazes de utilizar os conhecimentos adquiridos e as capacidades desenvolvidas nas aulas para resolverem problemas da sua vida real, explicando, prevendo e controlando acontecimentos relevantes, e atendendo a que tal aplicação e tais capacidades pressupõem uma compreensão de conceitos isenta de concepções alternativas, nomeadamente em relação a tópicos tão importantes como o “ar”, coloca-se como questão central nesta investigação identificar os aspectos metodológicos de ensino conducentes à aprendizagem dos alunos no tópico “Estrutura e propriedades do ar”. Ligadas a esta questão surgem outras perguntas de investigação, mais específicas:

1. Que concepções são evidenciadas pelos alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar” antes do ensino?

2. Que concepções são evidenciadas pelos mesmos alunos após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”? Como se comparam os resultados no pré-teste com os resultados no pós-teste?
3. Existem diferenças entre os sexos feminino e masculino no que respeita às concepções evidenciadas pelos alunos?
4. Que estratégias utilizou a professora nas suas aulas sobre o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”?
5. Que tipo de interação verbal foi mantida entre professora e alunos?
6. Que tipo de perguntas foram formuladas pela professora no ensino daquele tópico?
7. Qual o efeito do tipo de perguntas formuladas pela professora nas aulas de Ciências sobre as concepções desenvolvidas pelos alunos no tópico “Estrutura e Propriedades do ar”?
8. Que aspectos da natureza da Ciência foram introduzidos nas aulas?
9. Foram utilizados, durante as aulas, exemplos da experiência anterior dos alunos?
10. Que tipos de actividades realizaram os alunos e quais os produtos dessas actividades?
11. O uso do método experimental combinado com determinado tipo de questionamento será importante para o sucesso do aluno? Como?
12. Que outras características do ensino experimental se podem identificar em situações de sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual?
13. Que efeitos tem sobre as concepções dos alunos, um ensino experimental como o que foi levado a cabo neste estudo?

Na tentativa de responder a estas questões foram identificadas como variáveis de estudo: as concepções evidenciadas pelos alunos e o tipo de estratégias usadas pela professora de ciências, especialmente a metodologia de questionamento.

Relativamente à primeira variável, “concepções evidenciadas pelos alunos”, é importante sublinhar a sua importância no ensino de Ciências. Mesmo antes do ensino formal, os alunos já possuem concepções ou ideias acerca dos fenómenos naturais que foram construindo para tornar significativas as experiências de todos os dias. Estas “concepções alternativas” nem sempre desaparecem quando confrontadas com o que o professor lhes apresenta; muitas vezes permanecem, mesmo em graus de escolaridade bastante avançados. No âmbito específico deste projecto pretende-se estudar as concepções desenvolvidas por alunos do 5º ano de escolaridade ao longo do ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”.

No que diz respeito ao tipo de estratégias postas em prática pela professora de Ciências, interessa neste estudo identificar que práticas são mais frequentemente usadas nas aulas, que possam promover a mudança conceptual, nomeadamente o recurso ao trabalho prático e ao trabalho em grupo, o pedido ao aluno que represente as suas ideias por escrito ou graficamente, a introdução de aspectos da natureza da Ciência, o uso da experiência anterior dos alunos e a utilização de uma metodologia específica de questionamento. Relativamente a este último aspecto, tentar-se-á implementar uma metodologia diferente em cada um dos grupos pertencentes ao estudo. A categorização das perguntas assenta em dois sistemas de classificação diferentes: (1) o Sistema de Categorias de Perguntas em Ciência (Blosser, 1991), onde se distinguem as perguntas fechadas e abertas; e (2) a estratégia de questionamento H.R.A.S.E. (Penick et al., 1996), onde se distinguem perguntas de história, de relações, de aplicação, de especulação e de explicação.

O presente estudo é essencialmente exploratório e descritivo do tipo de metodologias do professor e das concepções evidenciadas pelos alunos, pretendendo-se que possa constituir uma base de informação conducente a novos estudos, com carácter mais inferencial, no domínio das relações entre concepções dos alunos e metodologias do professor.

• *Resumo*

Neste primeiro capítulo da descrição do estudo começou-se por apresentar o tema do trabalho de investigação e seu enquadramento, passando-se posteriormente ao enunciado do problema e dos objectivos gerais e específicos que servem como elementos orientadores de todo o estudo. Foram depois apresentadas as várias perguntas de investigação a que o estudo procura responder e identificadas as variáveis a estudar.

No segundo capítulo é feita a revisão bibliográfica dos temas considerados pertinentes para a investigação em estudo. Apresenta-se um resumo da bibliografia que documenta a orientação da pesquisa educacional na linha das concepções alternativas e dos aspectos metodológicos do ensino das Ciências que promovem o sucesso dos alunos no sentido de uma mudança conceptual. Incluem-se ainda resultados de estudos respeitantes à observação do professor. Em relação a estes aspectos incide-se especialmente no uso do trabalho experimental, no recurso a estratégias de questionamento que levam o aluno a pensar e outras técnicas que promovam a mudança conceptual.

Nos capítulos seguintes, procede-se primeiro à descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para a realização do estudo (terceiro capítulo), seguindo-se a

análise dos dados recolhidos (quarto capítulo) e finalmente a discussão e interpretação dos mesmos (quinto e último capítulo), tentando integrá-los com a informação obtida na bibliografia revista e procurando-se dar resposta às perguntas de investigação colocadas inicialmente. Formulam-se ainda algumas considerações sobre questões que poderão ser objecto de estudos futuros.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo faz-se referência à bibliografia consultada sobre concepções alternativas evidenciadas por alunos no domínio das ciências, em especial ao significado do termo “concepções alternativas”, às principais tradições na investigação sobre concepções dos alunos e a alguns princípios emergentes do conhecimento sobre concepções alternativas. Resumem-se, ainda, e em particular, alguns estudos feitos sobre concepções dos alunos a respeito de gases e suas propriedades.

Em seguida, apresentam-se algumas implicações para o ensino do conhecimento sobre concepções alternativas, descrevendo-se depois, sumariamente, algumas ideias sobre mudança conceptual. Identificam-se também alguns tipos de técnicas de mudança conceptual. Por fim, incluem-se perspectivas recentes sobre formação de professores de Ciências, apresentando-se designadamente a perspectiva do professor-investigador e suas repercussões na sala de aula.

2.1. O significado do termo “concepções alternativas”

Osborne e Wittrock (1983) declaram que as crianças desenvolvem ideias sobre o seu mundo, desenvolvem significados para as palavras utilizadas em ciência, e desenvolvem estratégias para obter explicações sobre como, e por que razão, as coisas se comportam de determinada forma. São estas crenças, teorias, significados e explicações das crianças que formam a base da utilização do termo “concepções dos alunos”.

A literatura nesta área está repleta de palavras que não possuem exactamente o mesmo significado; podem ter diferenças ligeiras (e, por vezes, grandes) em relação ao que pretendem designar. Segundo Osborne e Wittrock (1983) e também Wandersee, Mintzes e Novak (1995), alguns dos termos mais frequentes são: pré-concepções (Ausubel, 1968; Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Novak, 1985; Hashweh, 1988); raciocínio espontâneo (Viennot, 1979), conceitos privados (Sutton, 1980), crenças ingénuas (Caramazza, McCloskey & Green, 1981), estruturas alternativas (Driver, 1981), concepções primitivas (Clement, 1982), ideias erróneas (Fisher, 1983), teorias ingénuas (Resnick, 1983), erros (Gowin, 1983), versões privadas da ciência (McClelland, 1984), fontes fundamentais do erro (Fisher & Lipson, 1986), modelos pessoais da realidade (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985), ciência das crianças (Osborne & Freyberg, 1994), concepções alternativas (Gilbert & Swift, 1985;

Abimbola, 1988; Millar, 1989), concepções erradas (Clement, 1981; Nesher, 1987; Perkins & Simmons, 1988), armadilhas persistentes (Maycr, 1987), hierarquias de opiniões limitadas ou inapropriadas (Novak, 1987) e concepções pré-científicas (Good, 1991).

O interesse dos investigadores na área das concepções dos alunos tem sido provocado por numerosos estudos que indicam que antes do ensino formal, as crianças possuem sistemas de crenças, isto é, sistemas de explicações, descritivos e muito firmes para os fenómenos científicos e lógico-matemáticos. Estes sistemas diferem daquilo que se encontra incorporado no currículo formal; alguns demonstram uma extraordinária consistência no que diz respeito às idades, capacidades e culturas dos alunos e são resistentes à mudança através do ensino tradicional (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1983; Osborne & Wittrock, 1983). Devido a estas descobertas, muitos dos investigadores neste domínio rejeitam a ideia de que os alunos entram no sistema de ensino sem quaisquer pré-concepções sobre os temas que vão ser abordados e, além disso, acreditam que estas ideias prévias não podem ser ignoradas nem substituídas facilmente (Gilbert, Osborne & Fensham, 1982).

Os professores de ciências podem não pretender formar alunos que sejam peritos nos conteúdos, mas desejam que eles conheçam as explicações científicas correntes dos fenómenos naturais e o modo como os cientistas conseguiram chegar a essas explicações. Querem que os seus alunos vejam o poder das teorias científicas, não só na sala de aula, mas também na vida quotidiana. Para ensinar ciências de uma maneira eficaz, os professores devem compreender não só o que os alunos normalmente sabem acerca dos tópicos que pretendem ensinar, mas também como é que eles aprendem ciências e que estratégias de ensino são mais apropriadas para o seu desenvolvimento conceptual. Talvez seja através do estudo dos percursos que estes jovens escolhem em direcção ao conhecimento científico, que conseguimos compreender por que razão alguns são capazes de atingir o seu destino sem atrasos, enquanto outros se perdem e se afastam do caminho. Esta é, na sua essência, a assunção implícita daquilo a que Millar (1989) chamou o “Movimento das Concepções Alternativas” (ou, abreviadamente, MCA) (Wandersee, Mintzes & Novak, 1995).

O que é uma concepção alternativa, e por que razão essa designação é preferida actualmente por tantos investigadores, em detrimento do termo originalmente dominante, “ideia falsa” ou “ideia errada” (*misconception*) (Clement, 1981)? Abimbola (1988), Gilbert e Swift (1985) e outros investigadores encontraram uma forte razão para a utilização do termo concepção alternativa: não só se refere a explicações baseadas na experiência e construídas pelo aluno para tornar inteligível um conjunto de fenómenos e objectos naturais, como também confere um respeito intelectual ao aluno que possui

essas ideias, porque isso implica que as concepções alternativas sejam contextualmente válidas e racionais e possam conduzir a concepções ainda muito mais frutíferas (as concepções científicas).

Qual a diferença entre concepção alternativa e estrutura alternativa (*alternative framework*) (Driver, 1981)? Uma vez que uma estrutura conceptual ou estrutura de conhecimento pode muitas vezes ser inferida (válida ou invalidamente) depois de conhecermos as concepções alternativas auto-formadas por um aluno sobre um determinado tópico de ciências, o significado do termo concepção alternativa torna-se mais específico do que o de estrutura alternativa e reside num nível de transformação mais aproximado do estado cognitivo actual do aluno do que aquele segundo termo. Tal como Novak e Gowin (1984) referem, através de cada transformação que o conjunto de dados inicialmente válidos sofre, aparece a possibilidade da “verdade” original se poder perder no processo. A grande vantagem reside no facto de se dar oportunidade aos alunos de nos darem a conhecer o que pensam, em vez de se lhes impor a nossa própria visão do mundo. Assim, “aquilo que eles dizem que pensam” pode indicar as suas concepções alternativas; “aquilo que nós pensamos que eles pensam”, baseando-nos no seu conjunto de concepções alternativas, pode produzir uma estrutura de conhecimento chamada estrutura alternativa.

Quanto ao termo “concepção errada” (*misconception*), tão relacionado com a designação concepção alternativa e que foi preferido inicialmente, significa que o aluno tem uma compreensão vaga, imperfeita ou errada, de algo - algo que é comumente aceite pelos alunos, que é difícil de modificar, e que difere do conhecimento científico corrente. Por isso, cada vez mais investigadores defendem que aquele termo não só contradiz a perspectiva construtivista do conhecimento, como também implica, de forma errada, que tais ideias têm um valor negativo, não servindo qualquer objectivo cognitivo para o aluno e devendo, portanto, ser erradicado. Porém, nem todos os investigadores concordam com o abandono do termo “concepção errada”, pois já tem significado para a pessoa em causa e, num contexto de ensino das ciências, transmite prontamente o conceito de uma ideia diferente do pensamento científico comum. Segundo Confrey (1990) o termo “concepções erradas” é usado quando as concepções dos alunos são consideradas em conflito com os significados que são cientificamente aceites.

Gowin (1983) propôs que se simplificassem ainda mais os termos, mudando de “concepção errada” para “erro”. No entanto, esta última palavra tem uma conotação negativa ainda mais forte e específica, pois tem implícito frequentemente um julgamento negativo. Por essa razão, “concepção errada” parece ser mais apropriado do que “erro”.

Devido à grande variedade de designações, e porque o termo “concepção errada” parece ser muito facilmente apreendido pela maioria dos professores em exercício e pelo público em geral, torna-se importante fazer um esforço por seleccionar cuidadosamente as palavras que sirvam os significados que são pretendidos (Good, 1991). Nesse sentido, Novak (1987) defende a utilização de um termo técnico que actualmente tem mais poder explanatório do que o termo “concepção errada”. Trata-se da sigla LIPHS (*limited or inappropriate propositional hierarchies*), o que significa “hierarquias de opiniões limitadas ou inapropriadas”. A opção por esta designação prende-se com o facto de se basear na teoria de aprendizagem de Ausubel e de apontar para as fraquezas estruturais e funcionais subjacentes à estrutura cognitiva do aluno que são relevantes para um determinado tópico de Ciências. Também sublinha a reorganização conceptual requerida ao aluno a fim de formar concepções válidas, sendo assim compatível com o construtivismo.

Good (1991) oferece uma outra perspectiva, pois prefere o termo “concepção pré-científica”, por ser menos negativo do que “concepção errada” e por ser específico das Ciências, e enfatiza que as ideias do aluno podem eventualmente conduzi-lo à concepção científica corrente sobre um tópico. Este autor defende que o termo “concepção pré-científica” é o que melhor serve os significados pretendidos pelos investigadores da área do ensino das Ciências.

Apesar da grande proliferação de termos, a designação “concepção alternativa” é talvez a que reúne um maior consenso. Evidencia ser o termo escolhido pela maioria dos investigadores nesta área e, felizmente, não parece ser difícil de compreender pelas várias audiências. No entanto, é importante realçar que não se deve fazer qualquer voto, pois este é um campo de investigação muito dinâmico. À medida que os investigadores vão aprendendo mais acerca das concepções alternativas, os termos usados na literatura podem ir mudando (Wandersee et al., 1995).

As diferenças que existem entre os vários termos usados pelos membros do MCA não são insignificantes; muitas vezes reflectem compromissos epistemológicos e teóricos muito distintos. Driver e Easley (1978) defendem que os estudos sobre concepções alternativas podem ser divididos em dois grupos: os estudos nomotéticos e os estudos ideográficos (*idiographic*).

No grupo dos estudos nomotéticos o conhecimento é avaliado pela sua conformidade (ou desvio) em relação a um conhecimento padrão de base (ou seja, o conhecimento cientificamente aceite). A compreensão do aluno é apreciada de acordo com a congruência que existe entre as suas respostas e o pensamento científico corrente. Podem ser incluídas nesta categoria palavras como erros, concepções ingénuas, ideias erróneas, compreensões erradas, ideias prévias à instrução, armadilhas persistentes,

incompatibilidades da sala de aula, dificuldades conceptuais, problemas de aprendizagem das crianças, pré-concepções, hierarquias de opiniões limitadas ou inapropriadas, crenças supersticiosas, dificuldades do aluno, concepções pré-científicas, teorias ingénuas, generalizações incorrectas, desordens conceptuais, levantamento diferencial da ciência, esquemas conflituais, crenças não descobertas, lacunas, fontes subjacentes ao erro e concepções erradas. Os estudos desta área tendem a ser experimentais, usando frequentemente testes no tipo “papel e lápis”, quantificação e estatística inferencial.

No grupo dos estudos ideográficos a compreensão que os alunos têm dos objectos e acontecimentos naturais é explorada, estudada e analisada nos seus próprios termos, tal como um antropólogo estuda uma outra cultura. Estes estudos envolvem a explicação de casos individuais para (possivelmente) revelar traços comuns e pelo menos aumentar a consciência sobre possíveis perspectivas que os alunos podem trazer e dificuldades que possam ter, e daí proporcionar que uma comunicação mais eficaz tome lugar (Driver & Easley, 1978). Podem ser colocados nesta categoria termos como modelos pessoais da realidade, ideias dos alunos, concepções alternativas, modos espontâneos de raciocínio, estruturas alternativas, versões múltiplas e privadas da ciência, concepções em desenvolvimento, ciência das crianças, teorias do senso comum, critérios das crianças em idade escolar, perspectivas das crianças, constructos pessoais, compreensão das crianças, conhecimento das crianças, crenças intuitivas e concepções físicas e químicas do dia-a-dia. As investigações desta área tendem a ser naturalistas, estudam um menor número de alunos com maior profundidade, usam dados recolhidos a partir do próprio aluno e empregam uma descrição densa.

Há, no entanto, excepções às generalizações precedentes. Alguns estudos combinam os métodos quantitativos e qualitativos, sendo as questões epistemológicas subjacentes à escolha da terminologia adoptada por um investigador muito complexas (Gunstone, 1989). Muitas vezes, os pontos de vista dos investigadores evoluem de acordo com a evolução do campo de estudo. Millar (1989) defende que a história do campo de estudo é a de um movimento contínuo que parte da linguagem das “concepções erradas”, passa pelas “concepções alternativas” e termina na “ciência das crianças”.

2.2. Principais tradições na investigação sobre concepções dos alunos

De acordo com Confrey (1990) existem três principais tradições na investigação sobre concepções dos alunos: os estudos piagetianos na tradição da epistemologia genética (Piaget, 1970); as aplicações da filosofia da Ciência no âmbito da mudança

conceptual (Kuhn, 1970; Lakatos, 1976; Lakatos & Musgrave, 1970; Popper, 1959, 1962; Toulmin, 1972); e a investigação sobre erros sistemáticos (Davis, 1980; Perkins & Simmons, 1988; Van Lehn, 1982, 1983). A investigação nas duas primeiras áreas foca principalmente concepções dos alunos em Ciência e Matemática, enquanto que a investigação na última área incide sobretudo em Matemática e programação de computadores.

De forma a distinguir perfeitamente as três áreas, Confrey (1990) designou-as, respectivamente, por: “Abordagens piagetianas das concepções do aluno”, “Abordagens filosóficas das concepções alternativas do aluno” e “Abordagens de processamento de informação sobre as concepções erradas ou os erros sistemáticos do aluno”. As três categorias não são exaustivas, nem se excluem mutuamente; contudo, fornecem uma estrutura organizativa para esta ampla área de investigação, podendo ser úteis na interpretação de semelhanças e contrariedades que possam existir entre elas.

- *Estudos piagetianos sobre concepções do aluno: investigação na tradição da epistemologia genética*

A perspectiva piagetiana requereu uma mudança radical em relação ao behaviorismo que dominava os programas educacionais americanos, e esta mudança incluiu uma consciencialização crescente da importância das interacções físicas directas entre os alunos e os objectos, isto é, a utilização de materiais manipulativos. A investigação de Piaget constituiu uma macro-estrutura que examinou temas tão fundamentais como espaço, tempo, causalidade, conservação e permanência do objecto. Piaget pretendeu ainda facultar o aparecimento de outros estudos que focassem o desenvolvimento de conceitos mais específicos. Davis (1980), Duckworth (1987), Easley (1977), Ginsburg (1976) e Hawkins (1974) foram alguns investigadores que reconheceram essa possibilidade e a utilizaram.

Duckworth (1987) identificou certas qualidades que distinguem a compreensão da mera execução: por um lado, a criança pode ter uma teoria que, quando entra em conflito com as suas expectativas, pode levá-la a revê-la; e, por outro lado, podem surgir três tipos de interacção do conhecimento - o conhecimento perceptual (a forma como as coisas nos parecem ao longo do tempo), o conhecimento activo (a forma como as coisas foram feitas anteriormente) e o conhecimento conceptual (o nome que se dá às coisas e o modo como elas se representam, ou seja, as palavras, as ideias e as fórmulas). Para se explorarem as teorias da criança e aqueles três tipos de conhecimento, devem ser usadas situações experimentais, em que ela segue livremente o seu próprio percurso e em que se permite que estabeleça planos para alcançar um objectivo mais ou menos distante

No entanto, os professores ficam impacientes e desejosos que os seus alunos desenvolvam ideias claras e adequadas. Mas relacionar as ideias umas com as outras não é uma tarefa simples; é complicado e leva muito tempo. Todas as pessoas precisam de tempo para resolver as suas confusões, se quiserem construir uma base sólida e profunda que dá significado ao seu conhecimento (Duckworth, 1987).

Karmiloff-Smith & Inhelder (1975) distinguiram dois tipos de abordagem sobre a interacção entre as sequências de acção e as teorias em acção que surgem quando uma criança realiza uma tarefa: a resposta à acção, ou seja, o julgamento sobre o sucesso ou insucesso; e a resposta à teoria, isto é, o julgamento enquanto confirmação ou negação da teoria. Estes autores utilizaram três estratégias possíveis para auxiliar as crianças na mudança de teoria: (1) uso de contra-exemplos; (2) mudanças na competência cognitiva geral; e (3) integração de informação através de sensações físicas.

Os estudos descritos anteriormente representam o movimento dos investigadores piagetianos no sentido de se distanciarem da ideia dos estádios de desenvolvimento estanques. Essa mudança indica, por um lado, que se considera que as teorias dos alunos desempenham um papel importante na aprendizagem; por outro lado, que existe uma redução inicial na flexibilidade das ideias dos alunos, desenvolvendo-se uma posição teórica que mais tarde pode conduzir à integração de informação que foi considerada disparatada no início; e ainda que as teorias dos alunos se desenvolvem progressivamente em resposta a contra-exemplos (Confrey, 1990).

De acordo com Karmiloff-Smith & Inhelder (1975), as crianças apoiam-se na sua teoria inicial o máximo de tempo que puderem. Mesmo quando já têm em consideração alguns contra-exemplos, preferem criar primeiro uma nova teoria, totalmente independente da primeira, antes de tentarem unificar todos os acontecimentos numa teoria única e mais abrangente.

Existem muitas barreiras críticas à aprendizagem (Confrey, 1990). As barreiras críticas são obstáculos conceptuais que inibem o conhecimento científico e que diferem de outras dificuldades conceptuais, porque: (1) envolvem pré-concepções que o aluno retém de experiências anteriores e que são incompatíveis com o conhecimento científico; (2) espalham-se tanto entre adultos como entre crianças, tanto entre os que têm formação académica (mas que são ignorantes do ponto de vista científico) como entre os que têm menos formação; (3) envolvem dificuldades não só em adquirir factos científicos, mas também em assimilar estruturas conceptuais para ordenar e reter factos importantes; (4) não são escassas, e para ultrapassá-las não basta saltar simplesmente um obstáculo, pois simultaneamente podem-se abrir novos “buracos” no conhecimento; e (5) quando ocorre um esclarecimento distinto, existe um forte afecto, um verdadeiro prazer pela descoberta (Hawkins, 1982).

O ensino melhora efectivamente quando os professores aprendem a ouvir os alunos, a conhecer os seus pensamentos e a interpretar as suas acções e ideias na perspectiva das crianças. Os estudos nomotéticos e ideográficos (Driver & Easley, 1978), descritos anteriormente, enfatizam a ideia de modelação do mundo da criança. O primeiro tipo de estudos permite estabelecer uma correspondência entre as visões dos alunos e os pontos de vista aceites cientificamente; no segundo tipo de estudos, as conceptualizações dos alunos são exploradas e analisadas nos seus próprios termos sem haver apreciações por parte de um sistema externo.

Os investigadores da tradição da epistemologia genética aprenderam a ouvir os alunos. Procuraram descrever como os conceitos e tarefas aparecem aos estudantes, em vez de comparar os seus desempenhos com um conjunto de categorias pré-concebidas. É dado mais valor ao processo de resolução de um problema do que ao seu resultado. A fim de apreciar as ideias do ponto de vista do aluno, estes investigadores preferem utilizar entrevistas flexíveis e estudar cada aluno individualmente ou em pequenos grupos.

Também foi no seguimento da tradição piagetiana que se desenvolveu uma abordagem da aprendizagem das crianças, conhecida como construtivismo (Confrey, 1985; Easley, 1977; Hunting, 1986; von Glasersfeld, 1984). São muitas as raízes do construtivismo. Steffe & Cobb (1983) traçam as suas origens a partir do estruturalismo (Brownell, 1945) e do operacionalismo (Bridgman, 1927).

Do ponto de vista metodológico, a investigação construtivista exige interacções exaustivas com os alunos durante meses, e até anos, e análises detalhadas de videograções. Coloca a ênfase na construção de um modelo das particularidades dos pontos de vista, capacidades, crenças e inclinações dos alunos sobre certas ideias (Cobb & Steffe, 1983).

Um constructo central no trabalho de Steffe (1988) é o de “esquema”, que Piaget definiu como aquilo que se repete e generaliza numa acção. Esta ideia de esquema fornece um veículo para examinar o desenvolvimento localizado de um conceito, uma vez que a sua dimensão e flexibilidade permitem uma evolução menos rígida do que a conotada com o termo “estruturas mentais”. O que é essencial na perspectiva construtivista é o reconhecimento de que a maneira essencial de conhecermos o mundo real não é directamente através dos nossos sentidos, mas sobretudo através das nossas acções materiais ou mentais (Sinclair, 1987). Assim, as várias partes que constituem o esquema não existem independentemente da criança, mas são apenas reconhecidas em relação às formas correntes de operar e agir por parte da criança. Steffe (1988) propõe um modelo elaborado de acomodação funcional e metamórfica, que a criança utiliza na elaboração do processo de abstracção reflexiva. Os esquemas funcionam, então, como a

actividade mental que pode agir sobre, e ser transformada em, conhecimento através da reflexão e da abstracção.

A estrutura piagetiana estabelece algumas assunções fundamentais sobre o aluno como um ser epistemológico. Von Glasersfeld (1984) insiste na importância de examinar a epistemologia (o estudo do conhecimento) em vez da ontologia (estudo da natureza do ser). Refere também que, na nossa procura da compreensão do mundo à nossa volta, procuramos “ajustar” em vez de “combinar” na nossa estrutura conceptual, tal como uma chave que encaixa numa fechadura. Sugere ainda que precisamos de determinar se os nossos conceitos são viáveis na prática, em vez de objectivamente verdadeiros. Por isso, defende que a adaptação biológica é mais apropriada do que a correspondência, no estudo da aprendizagem e que o termo “viabilidade” é mais adequado do que “adaptação”. Este autor enfatiza ainda que é através da discrepância, perturbação ou confronto com o inesperado, que nos apercebemos das qualidades dos nossos constructos; estes momentos-chave nas nossas actividades de reflexão são oportunidades para vislumbrar os nossos próprios constructos. Contudo, von Glasersfeld (1984) avisa que os nossos “problemas”, isto é, as nossas percepções de divergência, podem não coincidir (e provavelmente não coincidem) com as das crianças. Assim, se desejamos investigar as suas concepções, precisamos de pesquisar os seus problemas sem impôr os nossos.

Outra autora, Kamii (1985) discute o contraste que Piaget estabelece entre abstracção empírica (por exemplo, a abstracção da cor a partir dos objectos) e abstracção reflexiva (por exemplo, a abstracção necessária para criar o número), o que expressa a sua posição construtivista. Segundo Kamii, Piaget definiu a abstracção empírica como a aprendizagem de uma certa propriedade, enquanto outras são ignoradas. E descreve a abstracção reflexiva, em contraste, por envolver a construção de relações entre objectos. O termo abstracção construtiva poderia ser mais fácil de compreender, pois indica que esta abstracção é uma construção genuína pela mente, e não somente um enfoque em algo que já existe nos objectos.

Em resumo, o trabalho piagetiano sobre concepções do aluno examinou o desenvolvimento do seu conhecimento sobre conceitos matemáticos e científicos particulares, ao longo do tempo. A assunção fundamental de Piaget (1970), e de outros na tradição piagetiana, é que o conhecimento é um processo, não um estado. Por isso, o conhecimento precisa de ser examinado em relação às suas associações desenvolvimentais. Portanto, Piaget estudou concepções e não concepções erradas. Além disso, reconheceu a interacção entre sujeito e objecto e declarou que a inteligência organiza o mundo ao organizar-se a si própria (Piaget, 1973). As influências da

epistemologia genética na investigação sobre concepções do aluno podem resumir-se nas seguintes:

1. Os investigadores sublinham o desenvolvimento de micro-estruturas, em contraste com a investigação por estádios, que foca as macro-estruturas.
2. Ao observar o desenvolvimento de conceitos particulares, os investigadores procuram analisar, através de tarefas, como as crianças agem, percebem e operam.
3. As operações mentais (acções internalizadas que são reversíveis, envolvem uma invariação, e existem no interior de uma estrutura de operações) formam as raízes básicas do desenvolvimento conceptual.
4. Estas operações mentais estão englobadas em esquemas (sequências de acções), que se tornam activos quando se dá o confronto com uma certa situação.
5. A construção, refinamento e internalização destes esquemas ocorrem no interior de uma abordagem de construção de teorias que se completa com a experimentação.
6. A abstracção reflexiva é assumida como o processo pelo qual os esquemas se estabilizam.

Tal como Piaget (1970) defendeu, a ênfase deve estar na auto-regulação, na assimilação activa, ou seja, na actividade do sujeito. Se não for assim, não existe didáctica ou pedagogia que transforme o sujeito significativamente.

• *Estudos sobre concepções alternativas: investigação na tradição da filosofia da ciência*

A ciência não deriva de uma acumulação progressiva de factos científicos (Kuhn, 1970). Como alternativa à ideia de “progresso através da acumulação”, foi introduzida por Kuhn a ideia de paradigma - conjunto de compromissos teóricos e metodológicos partilhados por membros activos de uma comunidade científica. Este autor designou por “revoluções científicas” a mudança de eventuais compromissos existentes. O seu trabalho desviou a atenção de muitos educadores da área das ciências para a natureza do pensamento científico. Segundo Confrey (1990), a posição de Kuhn evoluiu a partir de uma revisão sobre as perspectivas de pensamento científico, delineadas por Popper (1959, 1962). Este último autor rejeitou o princípio da verificação do positivismo lógico, negando a possibilidade de restringir a investigação científica àquilo que é verificável por observação. No entanto, introduziu a exigência de que as ideias científicas podem ser refutadas, ou seja, não podem ser verificadas, mas podem ser rejeitadas. Assim, defendeu que não se provam teorias, apenas se aceitam teorias; a aceitação ocorre quando há insucesso na tentativa do seu descrédito ou da sua refutação.

Toulmin (1972) propôs substituir a perspectiva revolucionária de Kuhn, onde paradigmas derrubaram outros paradigmas anteriores de forma relativamente dramática, com uma perspectiva evolucionária. Defendeu a análise dos períodos e condições de mudança, a fim de apreciar a racionalidade que está subjacente a uma posição teórica. Na opinião deste autor, as questões da racionalidade não dizem respeito a doutrinas intelectuais que uma pessoa (ou um grupo profissional) em particular adota num dado momento, mas sim às condições sobre as quais, e à forma como, essa pessoa se encontra preparada para criticar e modificar essas doutrinas à medida que o tempo passa. A partir do trabalho de Toulmin, o conjunto de condições através das quais se alteram as estruturas conceptuais de um indivíduo, passou a ser conhecido como “mudança conceptual”.

Os trabalhos desenvolvidos na área da filosofia da ciência por Kuhn, Lakatos, Toulmin e outros, estimularam a imaginação dos educadores de ciência, que passaram a formar uma tradição intelectual com base na qual poderiam interpretar estudos desenvolvidos sobre pré-concepções (Ausubel, 1968; Novak, 1985) e concepções erradas (Clement, 1981). A atracção que muitos destes educadores sentiram pela filosofia da ciência baseou-se, em parte, em três factores convergentes:

- (1) Permitiu que estes investigadores criticassem a concepção indutiva da ciência subjacente, que levou à realização de manuais que obedecessem ao “método científico”;
- (2) Foi possível rejeitar a teoria das observações neutras e, desse modo, pôde-se suportar a posição de que os alunos entram para o ensino com ideias muito firmes ou pré-concepções;
- (3) Foi dado um forte apoio à reivindicação de que as concepções dos alunos são baseadas num conjunto de crenças, compromissos e expectativas e que, para se alterar estas pré-concepções e concepções erradas, seriam necessárias transformações análogas às que acompanharam as transições entre paradigmas.

Os investigadores na área das ciências sentiram-se motivados para analisar as concepções dos alunos porque acreditavam que a compreensão do conhecimento prévio do aluno determinaria o ponto mais adequado para iniciar a instrução (Ausubel, 1968; Bruner, 1960; Novak, 1977). Assumia-se que os alunos ligavam as novas ideias a outras já existentes, e que o conhecimento prévio serviria de filtro e também de catalisador para a aquisição de novas ideias. Assim, para saber o que os alunos irão aprender, deve-se, em primeiro lugar, determinar aquilo em que já acreditam.

O trabalho de Clement (1981) é considerado como uma clássica introdução às abordagens que investigam as concepções erradas. Este autor demonstrou a permanência destas concepções usando duas estratégias para explicar a origem das mesmas: uma

estratégia de combinação de palavras e uma estratégia de comparação estatística. Colocou ainda a hipótese destas estratégias poderem ser usadas para interpretar declarações dos alunos durante as entrevistas.

O trabalho de Ausubel (1963, 1968) e seus seguidores (tais como, Novak, 1985) é anterior às abordagens sobre mudança conceptual. Contudo, o aparecimento destas duas perspectivas (de Ausubel e dos investigadores da mudança conceptual) marcou o início do período mais activo da investigação sobre concepções erradas e concepções alternativas (Confrey, 1990).

Ausubel distinguiu aprendizagem significativa de aprendizagem rotineira (por memorização) e especificou as condições necessárias para a aprendizagem significativa: utilização de materiais apropriados, vontade do aluno para relacionar ideias antigas e novas, e existência de pré-concepções, as quais permitem que o aluno aja de acordo com essa vontade (Novak & Gowin, 1984). Na perspectiva de Ausubel a estrutura cognitiva é algo que está organizado hierarquicamente, o que se relaciona com o aparecimento dos termos: “subsunção” (uso de conceitos comuns para adquirir e organizar novos conceitos); “diferenciação progressiva” (onde se formam novas ligações entre conceitos que se relacionam); e “reconciliação integrativa” (através da relação prévia entre conceitos discretos, resolvem-se conflitos sobre os seus significados). A importância deste trabalho deriva da ênfase que é dada à análise daquilo que o aluno já sabe.

Outros investigadores dão importância à estrutura das relações entre conceitos. Pines (1985) descreve o significado de estrutura cognitiva: tem a ver com a forma como o indivíduo conjuga e organiza as suas ideias, significados e conceitos. A importância da estrutura deriva da interrelação entre conceitos. Hawkins (1978) sugere que essa teia apertada é característica do conhecimento científico, em oposição ao conhecimento do senso comum, e avisa que ela conduz a um paradoxo. Segundo este autor, para compreender qualquer conceito, um nó que se encontra ligado logicamente a outros nós de uma rede, é necessário compreender igualmente muitos outros. Esta ligação lógica entre as ideias científicas, a sua mútua interdependência, sugere imediatamente um paradoxo: elas não podem ser aprendidas isoladamente uma das outras, nem todas em simultâneo. Esta conclusão contraditória apenas testemunha, de forma extrema, a origem de muitas das dificuldades dos alunos.

Partindo do trabalho desenvolvido por Ausubel, Novak e seus seguidores (Fisher & Lipson, 1983; Novak, 1985) desenvolveram a técnica do mapa conceptual como forma de visualizar as relações entre proposições. Este instrumento desviou a atenção dos alunos para uma perspectiva de um campo de estudo e levou à inclusão da perspectiva metacognitiva no trabalho sobre concepções dos alunos. Para alguns investigadores, os métodos de criação de mapas conceptuais, redes semânticas e outras

estratégias de idêntica natureza, são importantes para fornecer uma perspectiva mais holística e relacional sobre os conceitos (Novak, 1985; Pines, 1985). Outros enfatizam a necessidade de não só compreender aquilo que se conhece, mas também analisar como se encontra organizado (West, Fensham & Garrard, 1985). Outros ainda sublinham a validade dos métodos, considerando-os instrumentos úteis para a promoção da consideração de organizações alternativas e para a revelação de concepções erradas (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985).

Segundo Pines (1985), certas relações conceptuais que são adquiridas podem ser inapropriadas num certo contexto. Essas relações, designadas por concepções erradas, não existem independentemente, mas são contingentes numa certa estrutura conceptual existente. À medida que a estrutura conceptual se modifica, aquilo que era considerado uma concepção errada pode deixar de o ser; inversamente, aquilo que é uma relação conceptual central numa estrutura pode ser uma concepção errada profunda numa outra estrutura.

Uma posição alternativa, mas complementar, à análise da estrutura cognitiva é a que foca as condições a partir das quais os alunos decidem modificar, rejeitar ou ampliar as suas concepções. Os investigadores desta área, partindo do trabalho de Toulmin (1972) sobre a evolução dos sistemas conceptuais, defendem que: os conceitos assemelham-se a teorias e paradigmas; as pré-concepções actuam como filtro para novos conceitos, e estes devem mostrar poder explicar ou prever um fenómeno e também devem ser vistos como promotores de uma solução aceitável no interior da estrutura existente (Confrey, 1980; Johansson, Marton & Svensson, 1985; Strike & Posner, 1985).

Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982) apoiam-se nos termos piagetianos assimilação e acomodação. Utilizam a acomodação para descrever o momento em que o aluno pode precisar de substituir ou reorganizar as concepções existentes e discutem as condições que podem fazer com que isso aconteça. Defendem que um aluno pode estar insatisfeito com uma concepção que possui, procurando encontrar uma nova concepção, mais inteligível, plausível e frutuosa. Também indicam que a acomodação é facilitada quando: existem anomalias no sistema de crenças existente; são apresentadas analogias e metáforas ao aluno, que o ajudam a aceitar uma nova concepção, tornando-a mais inteligível; e as crenças do aluno, epistemológicas, metafísicas e outras, suportam essa mudança. Hewson (1981) apoia-se nesta posição ao discutir como as concepções podem estar em competição umas com as outras e como, nesses casos de conflito, um aluno eleva ou baixa o estatuto de uma concepção em relação a outra.

Existe um interesse particular dos investigadores da aprendizagem em ciência pela maneira como os alunos relacionam as suas experiências sensoriais com o seu

conhecimento formal, ou seja, o conhecimento transmitido numa instituição educativa organizada e estruturada, onde há um sistema de definições, experiências e argumentos que se interrelacionam. O conhecimento formal é aquele que é aceite como legítimo porque foi demonstrado por peritos (Confrey, 1990). Muitos investigadores documentam o isolamento entre este tipo de conhecimento e conhecimento construído a partir das experiências sensoriais. Outros sugerem que as concepções erradas resultam da falta de isomorfismo entre a perspectiva teórica dos alunos e aquilo que lhes chega, através dos sentidos, do mundo real. O trabalho desenvolvido por Nussbaum e Novak (1976) mostra como a ligação entre a teoria e os “inputs” sensoriais não é observável simplesmente nem de forma perspicaz. No entanto, como afirmam Fisher e Lipson (1983), estamos quase sempre empenhados em apreciar o grau de adequação entre os nossos modelos mentais e o mundo que nos rodeia.

De acordo com Driver e Erickson (1983), em ciência ou em outro campo qualquer de investigação empírica, podemos estabelecer uma distinção fundamental entre diferentes tipos de actividades comuns. Por um lado, existe a catalogação de impressões pelos sentidos, a experiência dos fenómenos; por outro, estão as tentativas de impôr alguma regularidade na experiência, criando um modelo ou teoria próprios. Accitando esta dicotomia, os autores acima referidos propõem uma definição para o termo “estrutura conceptual”. Trata-se de uma organização mental imposta por um indivíduo aos “inputs” sensoriais, tais como as regularidades que surgem nas respostas que são dadas quando são colocados problemas particulares. Esta é uma das questões mais interessantes no que diz respeito à tradição sobre concepções erradas: a relação entre evidências ontológicas (da realidade) e evidências epistemológicas (do conhecimento). Driver e Erickson (1983) distinguem os “inputs” sensoriais, originados externamente, e a organização mental, construída pessoalmente. As declarações destes autores parecem ser ambíguas, o que permite uma outra interpretação, segundo a qual as impressões sensoriais e as estruturas conceptuais poderiam estar ambas alocadas firmemente no indivíduo (não obstante sofrerem a influência de forças sociais e culturais). Por isso, aquelas impressões podem não ser vistas como sinais externos, mas como experiências internas das mesmas. Então, o que se pretende analisar são as interacções e relações entre percepções (estruturas organizadas de sensações) e outras ferramentas conceptuais (linguagem, símbolos e teorias). Assim, a questão da ontologia (o que é a realidade?) é minimizada, e a relação entre sistemas de conhecimento (constituindo as impressões sensoriais um deles, de entre muitos) é enfatizada (Confrey, 1990).

O papel da linguagem na construção e manutenção de concepções erradas também recebeu uma atenção considerável na investigação mais recente. Pines (1985)

descreveu uma importante função da linguagem ao afirmar que uma palavra é como uma “asa” conceptual, que nos ajuda a agarrar-nos a um conceito e a manipulá-lo. Sutton (1980) distinguiu significados denotativos em ciência (definições rigorosas) e significados conotativos na experiência do dia-a-dia (uma estrutura de associações e implicações).

Mais recentemente, têm sido feitas investigações que se concentram em maneiras formais de trabalhar afincadamente sobre problemas difíceis e também na utilização, por parte dos alunos, de analogias informais, mas poderosas, e ainda de modelos, na tentativa de compreender os sistemas conceptuais científicos (Gentner, 1980; Norman & Rumelhart, 1975). Clement (1981) descobriu que as analogias espontâneas desempenham um papel significativo na resolução de temas científicos controversos. Também estudou os processos que levam ao aparecimento e melhoria dessas analogias. Clement (1987) sugeriu ainda que as analogias são uma fonte eficaz para a mudança conceptual e concluiu que os alunos são capazes de exibir estratégias de solução criativas, de uma forma analógica, o que encoraja a mudança conceptual.

Algumas investigações também têm mostrado que o desenvolvimento histórico de um conceito apresenta muitas vantagens, pois: descreve potenciais concepções erradas; demonstra pelo menos uma sequência desenvolvida, que conduz aos conceitos actuais; e proporciona uma variedade de problemas, que provocam a consideração de estruturas alternativas (Clement, 1983; Lybeck, 1985; Lybeck, Stromdahl & Tullberg, 1985; Marton, 1978).

Um outro ramo de investigação debate as questões epistemológicas, distinguindo três níveis: as bases epistemológicas de cada disciplina (epistemologia disciplinar); a base epistemológica que conduz o aluno à medida que aprende ciência (epistemologia dos alunos); e a base epistemológica que conduz a investigação sobre concepções erradas (epistemologia da investigação). O primeiro nível caracteriza-se pela rejeição de tradições empiricistas e positivistas nas quais a ciência é concebida como uma indução baseada em generalizações de observações.

Na “epistemologia dos alunos” as implicações da consideração da criança como cientista foram fortemente questionadas pela comunidade (Osborne & Freyberg, 1994). Gilbert & Watts (1983) desenvolveram a perspectiva de que o que necessita de ser investigado é a “ciência das crianças”, em oposição à “ciência do adulto”. A ênfase é colocada na hipótese de que a criança pode não estar a considerar o mesmo conjunto de eventos ou contextos ou pressupostos que o professor, investigador ou perito. O que sugere que, muitas vezes, uma resposta dada pelo aluno é catalogada como sendo errada demasiado depressa, e se tentarmos imaginar o modo como a criança percebe uma situação, então os erros passarão a ser tolerados e a ter alguma razão para existir.

Os educadores da área das ciências têm ensinado os alunos a ter em consideração questões epistemológicas, através de técnicas tais como a da aplicação do “V” de Gowin (Gowin, 1987). Este investigador prefere o diagrama em “V”, pois utiliza em simultâneo as componentes conceptual e metodológica. Juntamente com os mapas conceptuais estas ferramentas ajudam os alunos a aprender e fornecem alternativas aos professores em relação a formas de avaliação e estratégias de aprendizagem.

No campo da “epistemologia da investigação” examinam-se as epistemologias subjacentes aos conteúdos e métodos do aluno, o que conduz a debates vigorosos sobre a conduta e as reivindicações da própria investigação. Esses debates manifestaram-se, por exemplo, através da discussão sobre a terminologia a adoptar para designar “concepções erradas”, “concepções alternativas” e “ciência da criança” (Abimbola, 1988) ou sobre o nível de estruturação que as entrevistas devem ter (Steffe & Cobb, 1983). Além disso, alguns investigadores defendem que a abordagem da mudança conceptual está em conflito com os estádios piagetianos (Gilbert & Watts, 1983) e outros advogam que são compatíveis (Steffe, 1988).

Certos estudos enfatizam os elementos metacognitivos do saber, ou seja, além da preocupação com as crenças dos alunos, também se interessam pela tomada de consciência, por parte do aluno, desse sistema de crenças. A investigação nesta área documenta frequentemente a dificuldade que os alunos têm em descrever as suas crenças, os seus métodos ou os seus processos de resolução de problemas (Confrey, 1990).

Em suma, a fase prévia da investigação sobre concepções erradas estabeleceu certos parâmetros e temas. A perspectiva predominante foi que, ao aprender certos conceitos-chave do currículo, os alunos transformam de forma activa aquilo que lhes é apresentado, e essas transformações conduzem muitas vezes a sérias concepções erradas.

A evolução da investigação sobre concepções acelerou à medida que os estudos sobre pré-concepções e concepções erradas foram sendo interpretados à luz de uma estrutura epistemológica cada vez mais explícita. Postulou-se que os alunos retêm “mini-teorias”, ou seja, configurações de crenças ligadas a posições teóricas mais vastas que são defendidas por comunidades de cientistas (Confrey, 1990).

Os educadores de ciências e matemática começaram a rejeitar a ideia que a aprendizagem se processa por acumulação de factos ou regras e passaram a declarar que:

- (1) Existe um paralelismo entre a forma como a teoria influencia a observação e como as pré-concepções influenciam a aprendizagem futura (Novak, 1977).

- (2) Os alunos possuem crenças muito bem estabelecidas ao entrarem no ensino formal, as quais se assemelham mais a mini-teorias do que a conhecimento proposicional (Claxton, 1987; Osborne, 1984).
- (3) Para mudar estruturas conceptuais individuais, seria necessário desafiar a ampla concepção de ciência, retida por muitos alunos e professores (Confrey, 1980; Driver & Bell, 1986).

A investigação sobre concepções alternativas documentou que as crenças dos alunos indicam que eles entram para o ensino com configurações conceptuais que: estão implantadas culturalmente; estão ligadas à utilização da linguagem; relacionam-se com outros conceitos; têm precursores históricos; e estão englobadas num ciclo que passa pela expectativa, predição e confirmação ou rejeição.

Tanto para os alunos como para os cientistas, parece que o curso da aprendizagem não consiste num simples processo de acumulação, mas envolve a consideração progressiva de perspectivas alternativas e a resolução de anomalias. A filosofia da ciência proporciona uma fonte muito rica para as investigações nesta área.

- *Estudos sobre erros sistemáticos: investigação na tradição do processamento de informação*

A ênfase nesta área de investigação é dada aos erros do conhecimento processual, o que faz com que seja uma abordagem dominante no domínio da matemática e da programação. Radatz (1979) propôs uma categorização dos erros na matemática e Newman (1977) desenvolveu uma outra classificação, revista e relatada por Clements (1980).

Os erros são semelhantes às concepções erradas, uma vez que resultam de aplicações de regras, não de uma forma aleatória, mas com base em certas crenças. São distintos das concepções erradas (tal como foram definidas anteriormente), pois não estão ligados a uma posição teórica. Muitos investigadores desta tradição usam os termos “erro” e “concepção errada” indiscriminadamente. Os erros sistemáticos consistem em regras erradas que produzem um padrão de respostas incorrectas. As conclusões de Resnick (1983), na área da matemática, exibem semelhanças com o trabalho sobre as concepções do aluno na área das ciências, uma vez que este investigador perspectiva o erro como um elemento necessário ao processo de ensino.

Em resumo, esta tradição de investigações aborda as concepções erradas como erros sistemáticos. Tal como acontece na área da educação em ciência, os investigadores dos erros sistemáticos vêem estas dificuldades como algo inevitável e necessário ao desenvolvimento do conhecimento. No entanto, ao contrário dos investigadores das

duas tradições anteriores, não os consideram legítimos do ponto de vista epistemológico, mas sim como algo primitivo em termos de desenvolvimento. A investigação nesta área preocupa-se amplamente com os erros de diagnóstico e com a sua remediação através da exposição e rejeição. Nenhuma teoria da aprendizagem é considerada necessária para justificar o facto de se ter em consideração os erros dos alunos, à excepção do reconhecimento de que esses erros representam generalizações por eles produzidas (Confrey, 1990).

A investigação na área da programação foi incluída no contexto dos erros sistemáticos, devido às suas ligações com a perspectiva de processamento de informação e à tendência dos investigadores desta área em descrever a existência de padrões de erros como um fenómeno não teórico (Confrey, 1990).

2.3. Princípios emergentes do conhecimento sobre concepções alternativas

Desde o trabalho desenvolvido por Piaget nos anos vinte até aos dias de hoje, tem sido feito um enorme esforço por compreender as formas através das quais os alunos vêem o mundo natural e, conseqüentemente, o que precisam os professores de fazer para encorajar a mudança conceptual nas ciências físicas e na vida real. Nos últimos anos o volume de investigação nesta área tem crescido rapidamente. Pfund e Duit (1985, 1988, 1991) conseguiram reunir na sua última versão, que compreende apenas bibliografia desta área, cerca de 2000 referências.

Da investigação sobre as concepções alternativas dos alunos emergiram alguns “princípios de conhecimento” (Novak & Gowin, 1984), que se baseiam em estudos publicados nos últimos 20 anos na literatura sobre ensino das ciências. Wandersee, Mintzes & Novak (1995) identificam oito princípios que são frequentemente enfatizados e que parecem assinalar mudanças potencialmente importantes no modo como os educadores de ciências perspectivam o ensino e a aprendizagem das ciências naturais.

- ***1º Princípio: Os alunos chegam ao ensino formal das ciências com um conjunto de diversas concepções alternativas relacionadas com objectos e eventos naturais.***

Pfundt e Duit (1991) encontraram mais de 1000 estudos que abordam especificamente a questão da compreensão que os alunos têm dos conceitos científicos. Cerca de dois terços desses estudos pertencem ao domínio da física (incluindo as

ciências da terra e do espaço); cerca de 200 estudos examinam questões da área da biologia e aproximadamente 125 estão relacionados com a química.

Dos cerca de 700 estudos relacionados com temas escolares de física, cerca de 300 dedicam-se a conceitos de mecânica (incluindo força e movimento, gravidade, velocidade e aceleração), 159 abordam temas de electricidade e os restantes focam os conceitos de calor, óptica, teoria corpuscular da matéria e energia (perto de 70 estudos cada). As ciências da terra e do espaço abarcam cerca de 35 estudos e a “física moderna” (física baseada na relatividade e na teoria quântica) reúne cerca de 10 estudos.

Assim, na área da física a maior parte dos estudos são dedicados à exploração das ideias intuitivas que os alunos detêm na área temática da mecânica simples (Bliss, Ogborn & Whitlock, 1989; Caramazza, McCloskey & Green, 1980; Champagne, Klopfer & Anderson, 1980; Clement, 1982; diSessa, 1982; Gunstone & White, 1981; McCloskey, 1983; McDermott, 1984; Minstrell, 1982; Viennot, 1979; Watts, 1983). Quando convidados a descrever as forças que actuam num corpo em movimento, a maioria dos alunos parece agarrar-se a uma noção quotidiana do senso comum que possui elementos (em diferentes proporções) tanto da teoria aristotélica como da teoria do ímpeto do movimento. De entre as afirmações que os alunos frequentemente usam, encontram-se as seguintes: (1) quando uma força é aplicada a um objecto, produz-se movimento na direcção dessa força; (2) os objectos movem-se com velocidade constante quando estão sob a influência de uma força constante; (3) a velocidade de um objecto é proporcional à magnitude da força aplicada; e (4) na ausência de uma força, ou os objectos ficam em repouso ou, se estiverem em movimento, param (Hashweh, 1988; Lythcott, 1985). A velocidade dos corpos em queda sob a influência da gravidade e a posição relativa dos objectos também colocam dificuldades adicionais a muitos alunos. Os alunos não têm uma mera falta de conhecimento (de mecânica); eles aceitam “leis de movimento” que diferem das leis físicas formais (Caramazza et al., 1980). Por outras palavras, os alunos possuem uma rica acumulação de ideias inter-relacionadas que constituem um sistema pessoal de crenças do senso comum sobre o movimento (Champagne et al., 1980).

Um grande número de estudos tem examinado a compreensão dos alunos sobre temas do domínio da electricidade, especialmente relacionados com trabalhos baseados em circuitos simples que incluem uma bateria, lâmpadas e uma série de fios eléctricos (Bauman & Adams, 1990; Black & Solomon, 1987; Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; Fredette & Clement, 1981; Fredette & Lochhead, 1980; Heller, 1987; Johsua, 1984; Osborne, 1981, 1983; Peters, 1982; Shipstone, 1984). Os trabalhos de Osborne (1983) e de Shipstone (1984), tomados em conjunto, são especialmente ilustrativos porque os sujeitos desses estudos têm idades compreendidas entre os 9 e os 18 anos. Estes alunos

empregaram cinco modelos distintos para um circuito simples. A noção de “condutor único” sugere que a corrente abandona a bateria e viaja pelo fio eléctrico até uma lâmpada, a qual funciona como uma espécie de “abismo” eléctrico. No modelo das “correntes de colisão”, a electricidade parte de ambos os terminais da bateria e segue até à lâmpada, onde é “gasta”. Além destas duas ideias, foram identificados três tipos de “modelos unidireccionais”: (1) “unidireccional sem conservação”, no qual a corrente flui através de um circuito, tornando-se gradualmente mais fraca à medida que encontra componentes sucessivos (como lâmpadas); (2) “unidireccional com partilha”, onde a corrente é distribuída e consumida igualmente por todos os componentes do circuito, e em que todas as lâmpadas atingem a mesma intensidade de brilho; e (3) “unidireccional com conservação”, que é a perspectiva cientificamente aceite.

As ideias dos alunos sobre calor e temperatura também ocuparam a atenção de um considerável número de investigadores (Albert, 1978; Andersson, 1986; Erickson, 1979, 1980; Erickson & Tiberghien, 1985; Hewson & Hamlyn, 1984; Johnstone, McDonald & Webb, 1977; Nachmias, Stavy & Avrams, 1990; Shayer & Wylam, 1981; Triplett, 1973). O trabalho de Erickson (1979, 1980) é especialmente notável e profundo, tendo este autor descoberto um vasto conjunto de ideias sobre os fenómenos térmicos. Por exemplo: (1) o calor faz com que as coisas se elevem; (2) calor e frio são substâncias materiais que podem ser transferidas de uma coisa para outra; e (3) o calor acumula-se em certas áreas e flui para outras áreas.

As noções que os alunos têm sobre luz, visão e fenómenos ópticos também receberam atenção considerável (Andersson & Karqvist, 1983; Eaton, Anderson & Smith, 1983, 1984; Feher, 1990; Feher & Rice, 1987, 1988; Goldberg & McDermott, 1986; Guesne, 1985; Jung, 1987; Mohapatra, 1988; Rice & Feher, 1987; Shapiro, 1989; Watts, 1985). Enquanto que os estudos mais antigos (Stead & Osborne, 1980) enfatizam aspectos como a distância relativa percorrida pela luz a partir de fontes de diferentes dimensões e em diferentes alturas do dia, o trabalho mais recente conduziu a problemas mais fundamentais: (1) Como é que as pessoas vêem?; (2) O que é uma sombra?; (3) O que é uma imagem no espelho?; e (4) Por que é que a luz é necessária à vida?.

O modo como os alunos perspectivam a natureza e os estados da matéria (especialmente a sua compreensão da teoria corpuscular da matéria) ocupou um lugar central na tradição da investigação sobre concepções alternativas desde o seu início (Andersson, 1990; Ault, Novak & Gowin, 1984; Gabel, Samuel & Hunn, 1987; Hibbard & Novak, 1975; Novick & Nussbaum, 1978, 1981; Nussbaum, 1985; Scott, 1987; Stavy, 1988, 1989; Wandersee, 1983b). Existem dois estudos de Novick e Nussbaum (1978, 1981) que são típicos do trabalho nesta área. Segundo estes autores há três aspectos da teoria que geram problemas especiais aos alunos: (1) que as moléculas dos

gases estão em movimento constante; (2) que o aquecimento e o arrefecimento provocam mudanças no movimento das partículas; e (3) que entre as partículas se encontra espaço vazio. Esta última proposição aparenta ser um embaraço universal e um problema que se repete nos estudos feitos nesta área. Parece que os alunos “detestam a não-existência” e estão dispostos a preenchê-la com o quase nada, incluindo “ar puro, outros gases e sujidade” (Scott, 1987). A noção de que a matéria é contínua, e não corpuscular, demonstra um modelo da matéria do tipo “bolo seco”, comumente defendido por alunos de qualquer idade.

Quando as crianças mais jovens são convidadas a descrever a sua compreensão do conceito de energia, associam-no frequentemente com seres vivos, especialmente humanos. Normalmente fazem referência ao crescimento, à forma física, ao exercício e à alimentação. A partir da adolescência estas ideias expandem-se para incluir seres não-vivos, tais como gasoleiras, o sol e o fogo (Bliss & Ogborn, 1985; Brook, 1987; Carr, Kirkwood, Newman & Birdwhistel, 1987).

Os estudos sobre a compreensão que os alunos têm dos conceitos de terra e espaço deram origem a uma informação muito rica, especialmente acerca da terra como corpo cósmico, a natureza da atracção gravítica e a relação entre objectos e eventos astronómicos e as ocorrências da vida quotidiana comum (Baxter, 1989; Finegold & Pundak, 1990; Jones, Lynch & Reesink, 1987; Klein, 1982; Mali & Howe, 1979; Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976; Nussbaum & Sharodini-Dagan, 1983; Sneider & Pulos, 1983; Vosniadou, 1990). O estudo original realizado por Nussbaum & Novak (1976) revelou cinco “noções” sobre a terra: (1) a terra é plana; (2) a terra é redonda mas limitada no espaço por um “telhado” ou “chão”, e as “coisas caem” em relação a um observador externo; (3) a terra é redonda, rodeada por um espaço ilimitado, e é nela que as coisas “caem”; (4) a terra é redonda, rodeada por um espaço sem limite e as coisas caem em direcção à terra, mas não em direcção ao seu centro; e (5) a terra é redonda, rodeada por um espaço ilimitado, e as coisas caem em direcção ao seu centro.

A investigação sobre os conceitos dos alunos na área da biologia tem-se expandido significativamente (Mintzes, Trowbridge, Arnaudin & Wandersee, 1991). Uma análise de conteúdo feita em meados de 1986 enumerou mais de 100 estudos (Wandersee, Mintzes & Arnaudin, 1989), e uma contagem recente sugere que o número de estudos nesta área duplicou desde aquela data. Os estudos em biologia foram categorizados em cinco tópicos: conceitos dos alunos sobre a vida, animais e plantas, o corpo humano, continuidade (incluindo reprodução, genética e evolução), e outros fenómenos biológicos (abrangendo desde células até cadeias alimentares).

O trabalho desenvolvido sobre a compreensão que as crianças têm do conceito de vida iniciou-se há mais de 60 anos, desde os esforços de Piaget (1929) a estudos mais recentes derivados da teoria de mudança conceptual (Carey, 1987), e até ao programa de investigação sobre concepções alternativas (Brumby, 1982; Stepans, 1985; Tamir, Gal-Choppin & Nussinovitz, 1981). Piaget propôs uma teoria cronológica com quatro estádios até à emergência do conceito de vida, de acordo com a qual a criança descreve a vida como: (1) objectos que exibem actividade ou utilidade (dos 3 aos 7 anos); (2) movimento de qualquer tipo (dos 7 aos 8 anos); (3) movimento espontâneo (entre os 9 e os 11 anos); e, finalmente, (4) plantas e animais (dos 11 aos 12 anos).

Os significados que os alunos atribuem aos conceitos de animal e planta foram razoavelmente bem documentados, embora o conceito de planta tenha recebido consideravelmente mais atenção do que o de animal (Bell, 1981a, 1981b; Bell & Barker, 1982; Jungwirth, 1971; Lazarowitz, 1981; Ryman, 1974; Stavy & Wax, 1989; Tema, 1989; Trowbridge & Mintzes, 1985, 1988; Wandersee, 1986b). Parece que os alunos de todas as idades subscrevem uma compreensão muito restrita do que é um animal - aplicam o termo quase exclusivamente a vertebrados, especialmente aos mamíferos terrestres que vulgarmente se encontram em casa, na quinta ou no jardim zoológico. No que diz respeito às plantas, parece haver uma compreensão ainda mais pobre das suas características pelos alunos de ciências: muitos pensam que não são seres vivos, outros julgam que não se reproduzem e alguns alunos não pensam que as plantas se alimentam (Stavy & Wax, 1989).

A investigação sobre a compreensão que os alunos têm dos conceitos anatómicos e fisiológicos revela que mesmo as crianças mais jovens têm ideias bem desenvolvidas sobre o corpo humano (Arnaudin & Mintzes, 1985, 1986; Gallert, 1962; Mintzes, 1984; Porter, 1974). Muitas crianças (desde os 10 anos de idade) representam um vasto conjunto de estruturas internas quando são convidadas a desenhar o interior do seu corpo. Os órgãos que são mais frequentemente representados pelas crianças são: estômago, coração, cérebro, músculos, ossos, pulmões, rins e veias.

Juntamente com as suas noções sobre o corpo humano, muitos alunos têm um conhecimento pré-científico sobre reprodução (Kreitler & Kreitler, 1966; Moore & Kendall, 1971), hereditariedade (Engel-Clough & Wood-Robinson, 1985; Deadman & Kelly, 1978; Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980) e mudança evolutiva (Bishop & Anderson, 1990; Brumby, 1979, 1984; Hallden, 1988; Jungwirth, 1975). Muitas crianças parecem subscrever um conjunto de ideias sequenciais sobre as origens. Primeiro negam o nascimento; depois reconhecem-no mas negam o papel dos pais; subseqüentemente, aceitam o papel da mãe e, muito mais tarde, o do pai.

A estrutura das células e os fenómenos celulares, incluindo divisão celular, síntese proteica, respiração e fotossíntese, têm recebido uma atenção crescente (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990; Barker & Carr, 1989a e 1989b; Dreyfus & Jungwirth, 1988, 1989; Eisen & Stavy, 1988, 1989; Fisher, 1985; Roth, Smith & Anderson, 1983; Stavy, Eisen & Yaakobi, 1987; Stewart, Hafner & Dale, 1990; Wandersee, 1983a, 1984, 1986a). A noção de que as plantas verdes sintetizam o seu próprio alimento no interior das células parece colocar um problema quase insustentável para muitos alunos. Quando questionados sobre a nutrição da planta, um grande número de indivíduos, incluindo os que frequentaram cursos de biologia, insiste que as plantas obtêm o alimento a partir do solo.

Juntamente com os estudos sobre as concepções que os alunos têm de calor, temperatura e natureza corpuscular da matéria, o trabalho na área da química tem abordado as noções de ligação covalente, electroquímica, transformação da matéria, reacções químicas, equilíbrio químico, estoiquiometria e mensuração molar (Anderson, 1986, 1990; Cachapuz & Martins, 1987; Cros, Chastrette & Fayol, 1988; Garnett, Garnett & Treagust, 1990; Gorodetsky & Gussarsky, 1986; Gussarsky & Gorodetsky, 1990; Hackling & Garnett, 1985; Novick & Menis, 1976; Peterson & Treagust, 1989; Schmidt, 1987).

• *2º Princípio: As concepções alternativas que os alunos trazem para o ensino formal das ciências ultrapassam fronteiras de idade, capacidade, sexo e cultura*

Uma declaração que se encontra frequentemente na literatura sobre concepções alternativas é que as noções que os alunos têm sobre os fenómenos naturais são persistentes, no que diz respeito a factores como a idade, as capacidades, o sexo e a cultura. Por exemplo, Champagne, Gunstone & Klopfer (1983) proclamam que os ingénuos sistemas descritivos e explicativos demonstram uma consistência admirável em diversas populações, independentemente da idade, capacidades e nacionalidade.

Dos quatro factores mencionados, é o efeito da idade que tem recebido mais atenção por parte dos investigadores, embora tenha sido colocado em segundo plano em relação à identificação e descrição das noções dos alunos. O próprio factor idade é, no entanto, problemático e é muitas vezes confundido com outras variáveis, designadamente os efeitos dos diferentes níveis e qualidades de ensino. Um exame feito a alguns estudos que incluem sujeitos abrangendo uma larga escala de idades sugere que as concepções alternativas são características dos alunos de todas as idades. Todavia, a frequência dessas ideias varia consideravelmente de acordo com a área de conhecimento e com o nível e a qualidade da instrução prévia (Arnaudin & Mintzes; 1985; Novick &

Nussbaum, 1978, 1981; Trowbridge & Mintzes, 1988; Wandersec, 1983a). Novick & Nussbaum (1981) relatam a persistência do modelo “contínuo” da matéria, o qual caracteriza cerca de 90% dos alunos do ensino básico e cerca de 60% dos alunos universitários. Parece claro que as frequências de certas concepções alternativas mudam pouco ao longo do tempo, enquanto outras mudam dramaticamente. Também parece que certas áreas possuem concepções alternativas mais intransigentes do que outras áreas (Engel-Clough & Driver, 1986; Engel-Clough, Driver & Wood-Robinson, 1987). Ao procurar explicações para estes fenômenos, devemos continuamente lembrar-nos de que as ferramentas explicativas provenientes da teoria de aprendizagem significativa, da teoria de mudança conceptual e da investigação sobre concepções alternativas são relativamente recentes (Carey, 1986; Novak, 1987; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982).

As questões relacionadas com as capacidades e o sexo receberam menos atenção por parte dos investigadores. Numa época em que as questões relativas ao género se vêm tornando cada vez mais importantes, verifica-se que poucos estudos têm examinado a incidência de concepções alternativas em indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. Nos poucos estudos em que foram detectadas diferenças, sugere-se que os rapazes têm menos concepções alternativas do que as raparigas.

Talvez devido ao esforço feito por obter uma natureza internacional na área da investigação sobre concepções alternativas, os estudos multi-culturais não são invulgares. Têm sido encontradas diferenças estatisticamente pouco significativas entre populações de diversos países.

- *3º Princípio: As concepções alternativas são tenazes e resistentes à extinção através de estratégias de ensino convencionais*

As pré-concepções são surpreendentemente tenazes e resistentes à extinção (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978). Este fenómeno foi detectado com mais frequência nas ciências físicas do que nas ciências da vida e, no campo das ciências físicas, é muitas vezes relacionado com fenómenos intuitivamente contraditórios, tais como os que envolvem o movimento dos corpos.

- *4º Princípio: As concepções alternativas são frequentemente paralelas às explicações sobre fenómenos naturais oferecidas pelas primeiras gerações de cientistas e filósofos*

Este tema aparece repetidamente na literatura sobre concepções alternativas, abrangendo um *continuum* de noções desde as que testemunham que o desenvolvimento conceptual das crianças recapitula ideias significativas da história da ciência até às que apontam meras semelhanças nestes domínios. Piaget (1970) baseou o seu trabalho exactamente nesta ideia: a hipótese fundamental da epistemologia genética é que existe um paralelismo entre o progresso feito na organização lógica e racional do conhecimento e os processos psicológicos correspondentes.

Como já foi referido previamente, os alunos subscrevem uma variedade de noções sobre corpos em movimento. Primeiro, muitos acreditam que quando uma força é aplicada a um objecto, causa movimento, o que é consistente tanto com a teoria aristotélica como com a teoria do ímpeto. Em segundo lugar, sob a influência de uma força constante, os objectos movem-se a uma velocidade constante, sendo a magnitude da velocidade proporcional à magnitude da força; esta noção encontra-se implícita na mecânica pré-galilaica. Em terceiro lugar, a noção de que as coisas pesadas caem mais depressa do que as leves é certamente uma característica das concepções alternativas de muitos alunos e também um traço proeminente do estado “sublunar” de Aristóteles. Finalmente, os alunos acreditam tipicamente que, na ausência de uma força, os objectos ou estão em repouso ou vão parar, o que é claramente inconsistente com a explicação aristotélica sobre os corpos em queda, mas tem o seu paralelismo na teoria do ímpeto (Wandersee, Mintzes & Novak, 1995).

Também foi sugerido que as perspectivas dos estudantes de biologia sobre as alterações orgânicas nos seres vivos têm implícita a perspectiva de evolução defendida por Lamarck (séculos XVIII e XIX). O paralelismo entre o desenvolvimento histórico de conceitos da química e as concepções alternativas dos alunos não foi estudado tão extensivamente como o paralelismo na física e na biologia (Furio Mas, Hernandez-Perez & Harris, 1987; Gil-Perez & Carrascosa, 1987).

De qualquer modo, muitos estudos têm relatado ideias sobre a natureza material dos gases que parecem ser consistentes com o pensamento anterior ao século XVII, especialmente o de Aristóteles (Stavy, 1988). Aristóteles reconheceu apenas quatro elementos (ar, fogo, terra e água) e defendeu que somente os últimos dois eram materiais, pois possuíam massa e ocupavam espaço. Para Aristóteles e os subsequentes filósofos naturais, não existia uma clara distinção entre “ar” (gases), espírito, névoa, vapor e fôlego. Todas estas entidades eram consideradas produtos da condensação de

uma substância que era alternadamente designada por “pneuma” ou “espírito” (Taylor, 1963). Alguns estudos sugerem que muitos alunos acreditam que os gases não possuem substância nem massa e têm uma tendência natural para se elevar (Furio Mas et al., 1987). Outros estudos demonstram que muitos alunos crêem que o ar não tem peso (Stavy, 1988).

Wandersee (1986a) concluiu que a história da ciência pode servir como um conselho heurístico válido para o ensino das ciências, pois sugere (aos alunos e professores) concepções erradas sobre um tópico particular que pode ser ainda actual. Este autor propõe que a história da ciência seja usada para encorajar e assistir o aluno de ciências na descoberta das suas próprias fraquezas conceptuais.

- *5º Princípio: As concepções alternativas têm as suas origens num conjunto de diversas experiências pessoais incluindo a observação directa e a percepção, a cultura de pares e a linguagem, bem como nas explicações dos professores e nos materiais de ensino*

Vários investigadores sugeriram que muitas das noções intuitivas em mecânica simples são produto de interacções repetidas entre as crianças e os objectos ou acontecimentos físicos do seu ambiente circundante. O macro-esquema que os alunos têm sobre o movimento deriva de muitos anos de experiência com objectos em movimento e serve os alunos satisfatoriamente na sua descrição do mundo” (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1983). Por outro lado, McClelland (1984) diz que para uma jovem criança, as interacções com a mãe, pais, irmãos, outros adultos e pares são os eventos mais salientes e é nessas áreas que devemos esperar as primeiras e mais elaboradas teorias. Segundo este ponto de vista, espera-se que os fenómenos físicos sejam muito menos salientes. Estas duas opiniões não são mutuamente exclusivas, mas tocam num aspecto algo controverso: as origens das concepções alternativas das crianças nas ciências físicas comparativamente com as ciências biológicas (Bloom & Borstad, 1990; Lawson, 1988, 1991; Lythcott & Duschl, 1990; Mintzes, 1989).

Parece que as concepções alternativas sobre os corpos em movimento estão entre os primeiros e mais persistentes problemas da ciência das crianças (Clement, 1983; diSessa, 1982) e que muitas crianças trazem para as suas primeiras experiências escolares ideias bem entrincheiradas sobre gravidade e velocidade que desenvolveram num mundo real onde factores como a fricção e a resistência do ar são importantes. Por outro lado, existem evidências de que as crianças pequenas também têm ideias firmemente estabelecidas sobre as funções corporais (Mintzes, 1984).

Estas descobertas talvez não surpreendam se considerarmos a asserção construtivista de que os alunos constroem significados sobre os objectos e eventos com que têm contacto imediato e directo (Driver & Bell, 1986; Osborne & Wittrock, 1985; Pope & Gilbert, 1983). Partindo deste ponto de vista, deveríamos ser capazes de prever as primeiras ideias sobre fenómenos simples no domínio da física e da biologia, mas não poderíamos esperar teorias sobre respiração celular ou divisão celular e muito menos sobre mecânica quântica ou relatividade.

O papel da cultura de pares e da linguagem no desenvolvimento de compreensões científicas tem recebido uma atenção considerável (Adeniyi, 1985; Bell & Freyberg, 1985; Duit, 1981, 1985; Hewson, 1985; Hewson & Hamlyn, 1984; Kenealy, 1987; Lin, 1983; Mayer, 1987; Solomon, 1987; Solomon, Black, Oldham & Stuart, 1985; Stavy & Wax, 1989; Stenhouse, 1986; Watts & Gilbert, 1983). A evidência sugere fortemente que os significados construídos pelos alunos na utilização diária de termos “técnicos” tem um impacto significativo na compreensão que têm desses termos num contexto científico.

Existe actualmente uma evidência substancial de que os manuais escolares e os professores fornecem inadvertidamente uma via para introdução de concepções alternativas (Andersson, 1990; Barras, 1984; Bauman & Adams, 1990; Garnett, Garnett & Treagust, 1990; Heller, 1987; Veiga, Costa Pereira & Maskill, 1989; Wandersee, 1984). Foram identificados problemas nos manuais escolares, relacionados sobretudo com a sequência dos conteúdos, o estabelecimento de relações conceptuais, o uso da terminologia e a introdução de elementos matemáticos. Barras (1984) identificou 15 concepções erradas em trabalhos escritos por alunos que são frequentemente perpetuados por professores e manuais de biologia. Entre esses erros encontram-se os esotéricos, os aparentemente triviais e alguns que parecem ser problemas conceptuais sérios (tais como: as plantas realizam a fotossíntese durante o dia e só respiram à noite; as células vegetais têm apenas parede celular e não possuem membrana celular). Andersson (1990) refere que os diagramas e figuras que se encontram nos manuais são outra fonte potencial das dificuldades conceptuais.

Os professores (infelizmente) também são uma outra fonte principal de concepções alternativas. Em alguns casos, o problema reside aparentemente em erros conceptuais ou informação incorrecta detida pelos próprios professores; noutros casos, a linguagem utilizada pelos professores na sala de aula tem como resultado uma série de aprendizagens não pretendidas.

- *6º Princípio: Os professores subscrevem frequentemente as mesmas concepções alternativas que os seus alunos*

A asserção de que os professores têm um conjunto substancial de concepções alternativas no domínio da ciência natural não deveria causar surpresas particulares, especialmente aos próprios professores. A persistência das suas concepções alternativas pode ser um efeito dos fracos manuais usados no ensino superior ou de um ensino deficiente praticado em alguns cursos. De qualquer modo, esta descoberta pode ser profundamente perturbadora para alguns e tem implicações significativas na selecção, educação e emprego da próxima geração de professores de ciências.

O número de estudos que abordam a compreensão dos professores sobre conceitos científicos tem crescido significativamente durante a última década (Ameh, 1987; Ameh & Gunstone, 1985; Bloom, 1989; Enochs & Gabel, 1984; Feher & Rice, 1987; Heller, 1987; Kruger, 1990; Lawrenz, 1986; Mohapatra & Bhattacharyya, 1989; Ogunniyi & Pella, 1980; Rollnick & Rutherford, 1990; Smith, 1987; Veiga, Costa Pereira & Maskill, 1989). De entre os estudos conduzidos até à data, uma grande proporção examinou as perspectivas de professores do ensino básico e de formadores de professores do ensino básico. Esta abordagem reflecte provavelmente uma preocupação entre os educadores de ciências sobre a adequação entre a preparação que esses professores recebem e as capacidades consequentes por forma a conseguir dar assistência a crianças pequenas na compreensão de conceitos científicos complicados.

- *7º Princípio: O conhecimento prévio dos alunos interage com o conhecimento apresentado no ensino formal, resultando num conjunto de diversas aprendizagens indesejadas*

A dificuldade provocada pelo problema das concepções alternativas dos professores é agravada quando o conhecimento do professor interage com o conhecimento pré-científico que os alunos trazem para a sala de aula. Gilbert, Osborne e Fensham (1982) e Osborne, Bell e Gilbert (1983) apresentaram evidências convincentes de uma variedade de aprendizagens não pretendidas, às quais chamam “consequências da ciência das crianças”. Estas consequências são produzidas pela interacção entre duas “perspectivas do mundo” epistemológica e conceptualmente divergentes - as do professor e as do aluno.

Segundo aqueles autores existem cinco categorias principais de resultados de aprendizagens não previstas que ocorrem frequentemente, mas que muitas vezes não são reconhecidos pelos professores: (1) as perspectivas do aluno permanecem

substancialmente imutáveis pela interacção (*Undisturbed Children's Science Outcome*); (2) o aluno adquire uma estrutura conceptual que se aplica à ciência escolar, mas retém outro conjunto de explicações para os fenómenos do mundo real (*Two Perspectives Outcome*); (3) os alunos interpretam e utilizam de forma errada o conhecimento apresentado pelos seus professores de ciências em vez de se apoiarem nas suas próprias pré-concepções (*Reinforced Outcome*); (4) o aluno tenta reconciliar duas perspectivas aparentemente incompatíveis, resultando num produto híbrido (*Mixed Outcome*); (5) tanto a compreensão do professor como a do aluno são modificadas e ampliadas, produzindo uma perspectiva científica coerente (*Unified Scientific Outcome*).

- **8º Princípio: As abordagens de ensino que facilitam a mudança conceptual podem ser ferramentas eficazes da sala de aula**

Nos últimos 15 anos têm sido desenvolvidas numerosas estratégias de intervenção inovadoras com o objectivo de apoiar os alunos na transição para compreensões cientificamente aceitáveis dos fenómenos naturais. São as chamadas técnicas de mudança conceptual, as quais incluem um diverso e eclético conjunto de abordagens. Estas abordagens partilham uma assunção epistemológica comum: os alunos chegam a novas situações de aprendizagem com um fundo de conhecimentos prévios e o primeiro papel do professor é de um negociador de significado e agente de mudança. Várias das técnicas advêm de uma teoria de mudança conceptual (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) que se apoia na filosofia contemporânea da ciência (Kuhn, 1970; Lakatos, 1970; Toulmin, 1972) e de uma perspectiva construtivista global da aprendizagem (Osborne & Wittrock, 1983, 1985); outras técnicas emergem da teoria de aprendizagem da assimilação de Ausubel ou neo-Ausubeliana (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Novak, 1977; Novak & Gowin, 1984).

2.4. Concepções dos alunos sobre gases e suas propriedades

Um dos tópicos de importância fundamental em ciência, especialmente em Química, é a natureza (estrutura e comportamento) da matéria. Diversas investigações recentes focaram as concepções dos alunos sobre a natureza da matéria.

Renstrom et al. (1990) propuseram uma hierarquia de concepções da matéria que encontraram entre 20 alunos (dos 13 aos 16 anos). Focalizaram a sua investigação para fenómenos que envolvessem alterações na matéria, tais como mudanças de estado e reacções químicas. As seis concepções da matéria que descobriram foram: (1) a matéria é uma substância homogénea; (2) a matéria é composta por unidades de substância; (3) a

matéria é constituída por unidades de substância com “pequenos átomos”; (4) a matéria é um agregado de partículas; (5) a matéria é composta por unidades de partículas; (6) a matéria é composta por sistemas de partículas. De acordo com aqueles autores, as seis concepções da matéria não devem ser vistas como um conjunto formado por uma concepção correcta e cinco erradas. Em cada nível, são adicionados novos conhecimentos que se acumulam em direcção ao tipo de compreensão pretendida: as substâncias são formadas por partículas; as partículas têm certos atributos e não são infinitamente divisíveis; e as macropropriedades da substância podem ser consideradas em termos das propriedades das partículas e dos sistemas de partículas. Todos estes conhecimentos são incluídos na compreensão correcta da matéria.

Bar e Travis (1991) e Stavy (1990, 1991) também estudaram as perspectivas das crianças respeitantes a mudanças de estado. Os primeiros daqueles autores estudaram crianças do 1º ao 9º ano de escolaridade e usaram três tipos de testes na sua investigação: um teste oral, individual, com perguntas abertas; um teste escrito, com perguntas abertas; e um teste escrito de escolha múltipla. Concluíram que os métodos de testagem afectam a distribuição dos resultados e que as ideias que as crianças têm sobre o ar podem ser diferentes das dos adultos.

Novick e Nussbaum (1978) desenvolveram um estudo com crianças israelitas do 8º ano de escolaridade (13-14 anos de idade), com o objectivo de descobrir qual é o conhecimento dos alunos em relação à natureza corpuscular da matéria. Usaram entrevistas piagetianas com a duração de 30 minutos na tentativa de verificar a existência de cinco dos aspectos do modelo da estrutura da matéria: (1) um gás compõe-se de partículas invisíveis; (2) as partículas de um gás espalham-se equitativamente em qualquer espaço fechado; (3) existem espaços vazios entre as partículas de um gás; (4) essas partículas possuem movimento intrínseco; não são empurradas por agentes externos; (5) quando duas substâncias diferentes interagem para formar uma terceira substância, ocorrem ligações entre diferentes tipos de partículas.

Aqueles investigadores descobriram que, de um ponto de vista psicológico, muitos alunos possuem um modelo contínuo da matéria, pois não a representam através de pontos descontínuos. Alguns mudam de opinião, quando confrontados com desenhos de outros alunos. Também detectaram que, perante uma situação em que se retira algum ar de um recipiente fechado, os alunos podem apresentar uma das quatro concepções seguintes: a matéria é formada por partículas que se expandem; a matéria é formada por partículas que ficam concentradas numa zona do recipiente; a matéria é contínua e expande-se; ou a matéria é contínua e concentrada. Cerca de dois terços dos alunos que haviam apresentado concepções diferentes da correcta, continuaram com a mesma opinião, mesmo depois de confrontados com a situação correcta.

Numa outra actividade do mesmo estudo Novick e Nussbaum (1978) perguntaram aos alunos o que existe entre as partículas de ar. As respostas dividiram-se em: espaços vazios, embora alguns alunos não tivessem a certeza; outras partículas, tais como, impurezas; mais partículas de ar; outros gases, tais como oxigénio e azoto; ausência de espaços vazios, pois as partículas estão todas juntas; vapores; ou não davam qualquer resposta.

Em relação ao conceito de movimento intrínseco das partículas, Novick e Nussbaum (1978) referem que muitos dos alunos que têm uma ideia corpuscular da matéria não atribuem a propriedade do preenchimento dos espaços vazios ao movimento intrínseco das partículas. De entre alguns factores de ordem interna os alunos referiram que: as partículas queriam elevar-se e que elas estão presas naquele espaço por forças de atracção. Alguns dos factores externos foram: as partículas pesam pouco e portanto elevam-se; o ar flutua no espaço devido à sua fraca gravidade específica; se todas as partículas fossem para o fundo, haveria um vácuo e isso é impossível; e uma vez que existem muitas partículas elas elevam-se em todo o espaço e não descem.

Em relação ao que acontece quando duas substâncias diferentes interagem, Novick e Nussbaum (1978) encontraram dois tipos principais de concepções: forma-se uma nova substância por combinação de dois gases, aparecendo um composto; ou forma-se uma mistura de dois gases.

Novick e Nussbaum (1978) discutem os resultados obtidos no seu estudo referindo que os aspectos que são menos assimilados pelos alunos são os que estão em dissonância com a sua percepção sensorial da matéria. Esses aspectos são: espaço vazio (o conceito de vácuo), movimento intrínseco (cinética das partículas) e interacção entre partículas (mudança química). Mais especificamente, muitos alunos não conseguem conceber o “espaço vazio” em matéria vulgar, incluindo gases. Então, inclinam-se para uma interpretação contínua e “preenchem” esse espaço com mais partículas (pó ou ar, por exemplo). O movimento intrínseco das partículas também é um conceito difícil. Muitos alunos dizem que o ar não “vai para o fundo” devido à sua fraca gravidade específica, o que parece estar em consonância com a concepção contínua da matéria.

Num estudo posterior, Novick e Nussbaum (1981) conceberam e usaram um instrumento do tipo “papel e lápis”, chamado “teste sobre partículas num gás” para determinar a frequência de um modelo corpuscular da matéria entre alunos do 5º ano de escolaridade até ao 2º ano do ensino universitário. Encontraram uma interiorização distinta dos vários aspectos do modelo corpuscular. No ensino secundário e universitário apenas 37% dos sujeitos que fizeram o teste responderam correctamente, em termos do modelo corpuscular. Mais de 60% dos alunos não representaram espaços vazios no meio gasoso.

Benson, Wittrock & Baur (1993) desenvolveram um estudo usando uma técnica derivada dos procedimentos usados por Novick e Nussbaum (1978, 1981), mas com uma maior distribuição de alunos (1098 sujeitos, desde o 2º ano de escolaridade até ao ensino universitário). Houve uma selecção cada vez maior em termos de alunos, à medida que aumentava o número de anos de escolaridade. Os participantes foram convidados a fazer dois esquemas rápidos do ar existente no interior de um frasco: o primeiro, com o ar em condições normais de pressão; o segundo, com o ar num frasco semelhante ao primeiro, mas após evacuação parcial (cerca de metade da pressão). O tempo necessário para os dois desenhos, incluindo instruções, foi de 15 minutos. Este método foi criado para detectar os conceitos construídos pelo próprio aluno e armazenados na sua memória, não para testar as suas competências académicas. Os investigadores pretendiam saber o que fazia mais sentido para os alunos, e não se eram capazes de repetir as explicações científicas dadas pelos seus professores ao longo do ensino formal.

Os resultados obtidos permitiram que cerca de 95% dos desenhos pudessem ser classificados ou em “contínuos” ou “corpusculares”. Na primeira categoria foram incluídos todos os desenhos do frasco totalmente sombreado ou preenchido com linhas rectas ou onduladas. Os desenhos que continham pontos ou círculos discretos foram incluídos na segunda categoria. Os trabalhos realizados por alunos universitários foram ainda separados em três categorias: partículas muito juntas, difusas ou muito ordenadas.

Os desenhos contínuos e corpusculares foram depois subdivididos em duas categorias distintas com base no aspecto do conteúdo do frasco a metade da pressão. Nos casos em que o ar ocupava apenas uma zona do frasco, considerou-se que a distribuição era contínua-concentrada ou corpuscular-concentrada. Pelo contrário, nos desenhos em que o ar preenchia todo o frasco, a distribuição foi considerada contínua-expandida ou corpuscular-expandida. Além disso, os desenhos do tipo “matéria concentrada” foram subdivididos em: ar no topo, vácuo no topo, ar no centro e vácuo no centro, variações estas que se basearam na localização do gás que ficou dentro do frasco.

Apesar dos desenhos do tipo “matéria contínua-concentrada” (com vácuo no topo) aparecerem em todos os graus de ensino, a proporção desce progressivamente (excepto no 10º ano) até atingir o valor mínimo de 3% nos estudantes universitários do curso de química. As outras três categorias de desenhos aparecem em todos os graus de ensino. A percentagem de desenhos do tipo “matéria contínua-expandida” sobe de 2% até 12% (no 11º ano) e volta a descer para 4%. Em relação aos desenhos do tipo “matéria corpuscular-concentrada” (com vácuo no topo), a percentagem sobe de 6% até 36% (no 8º ano) e depois desce para 5%. Finalmente, os desenhos do tipo “matéria

corpuscular-expandida” vão aumentando progressivamente (excepto no 8º ano) de 1% para 64%.

Conforme se disse acima, os desenhos “corpusculares” feitos pelos alunos universitários foram reclassificados em: partículas muito ordenadas, muito concentradas e difusas. 85% daqueles alunos fizeram desenhos com partículas, mas só 48% mostram que existe espaço entre elas, e apenas 37% apresentam uma distribuição de partículas expandida e com arranjo difuso. Um terço dos desenhos mostram partículas com um arranjo muito concentrado.

Discutindo os resultados obtidos no seu estudo, Benson et al. (1993) afirmam que aqueles desenhos representam realmente pré-concepções dos alunos. Acrescentam que as instruções fornecidas durante a investigação dirigem a atenção dos alunos para o conceito de vácuo parcial. Uma vez que no estudo não é enfatizada a natureza dos gases (designação que é utilizada no ensino do tema), é provável que a imagem do ar que foi criada se baseie na ideia que faz mais sentido para o aluno. Também parece claro que os alunos que desenharam o ar com partículas possuem uma concepção corpuscular da natureza do ar. Uma vez que os alunos foram instruídos no sentido de “aumentar a ampliação” se o vácuo parcial não fosse “visível”, então a maioria dos desenhos contínuos representam concepções contínuas da matéria.

O facto de muitas das crianças mais pequenas (do 2º ao 4º ano) representarem o ar como matéria contínua-concentrada (com vácuo no topo) pode ser consequência de duas assunções que detêm: primeiro, que os gases se comportam como líquidos; segundo, que a estrutura microscópica invisível se assemelha ao aspecto macroscópico visível (Benson et al., 1993).

Partindo de uma perspectiva “contínua-concentrada” (com vácuo no topo), são necessárias duas modificações de forma a mudar para uma visão “corpuscular-expandida”. A ideia de que os gases se expandem para preencher os recipientes (o que difere bastante do comportamento dos líquidos) leva directamente a um conceito de matéria “contínua-expandida”, e a ideia de que os gases são formados por partículas (as quais não são visíveis) conduz directamente a um conceito de matéria “corpuscular-concentrada” (com vácuo no topo). E a combinação destas duas ideias, quer tomadas em simultâneo, quer sequencialmente, conduz ao modelo de matéria “corpuscular-expandida”, o qual é aceite cientificamente. No estudo conduzido por Benson et al. (1993) surgem evidências que indicam que um grande número de alunos aceita a ideia corpuscular antes de aceitar a ideia de expansão dos gases.

Dizer simplesmente aos alunos que os gases são compostos por partículas que se expandem para encher os recipientes, não é necessariamente adequado para promover as mudanças conceptuais desejadas pelos educadores da área das ciências. Essas leis são

fáceis de memorizar, e muitos alunos são suficientemente inteligentes para obter resultados satisfatórios em exames, mas, apesar disso, retêm as suas concepções originais acerca daquele fenómeno (West & Pines, 1985).

Os alunos parecem abandonar as suas concepções apenas quando são conduzidos no sentido de sentirem que as suas ideias não são satisfatórias (Posner et al., 1982). As duas ideias alternativas mais comuns- que a matéria é contínua e que os gases se comportam como líquidos- precisam de ser refutadas de maneira que tenham significado para os alunos (Osborne & Wittrock, 1983).

Benson et al. (1993) sugerem que sejam apresentadas aos alunos demonstrações simples, visíveis e credíveis de forma a promover mudanças conceptuais desejáveis. As demonstrações, seleccionadas cuidadosamente, estimulam o conflito cognitivo, o que pode ser uma técnica eficaz para promover a mudança conceptual.

Seré (1986) desenvolveu um estudo sobre as concepções que as crianças têm sobre o estado gasoso, antes de lhes terem sido ensinadas as propriedades físicas dos gases. O estudo decorreu com alunos franceses de 11 anos de idade, frequentando o 5º ano de escolaridade. Segundo aquela autora, a natureza do que está presente nas interpretações e comentários das crianças antes do ensino pode ser muito diferente, consoante o domínio da Física considerado (electricidade, mecânica, estados da matéria, etc.). Isto acontece porque a natureza e a importância da experiência das crianças nos vários domínios tende a ser diferente em cada caso.

Antes do ensino, as crianças vivem uma série de experiências com o ar e os gases. Vivem rodeadas por ar, sentem o vento e as correntes de ar, no seu corpo acontecem trocas gasosas, usam objectos que utilizam propriedades físicas do ar: bombas de ar, bolas, balões, pneus, ventosas, aspiradores, ventoinhas, etc. No entanto, apesar destas experiências, as crianças possuem de facto poucas percepções sobre os gases, particularmente nenhuma que seja visível, pois o ar é invisível (Seré, 1986).

Qualquer que seja a relação destas experiências e destas percepções, as crianças constroem primeiro um “pensamento natural” (Guidoni, 1985) sobre o estado gasoso e especialmente sobre o ar, o qual é invisível e não pode ser sentido em equilíbrio. Este pensamento é muito rudimentar, pelo que as crianças não sentem necessidade de pôr questões. Não precisam de interpretações para rebentar um balão, para encher um pneu, para ler um barómetro quando prevêm o tempo. Como Ogborn (1985) mostra, a necessidade de interpretação seria uma condição para elaborar um pensamento. De qualquer modo, as crianças, por estarem satisfeitas com o seu pensamento, não vão mais longe (Seré, 1986).

Quando os alunos iniciam, na escola, a sua aprendizagem sobre gases assistem a algumas experiências simples, mas não da vida quotidiana. Utilizam seringas,

membranas, bombas de vácuo e outros dispositivos. O objectivo da interpretação destas experiências é específico da física: a questão consiste em observar transformações, definir os estados da matéria através de variáveis como a quantidade, o volume, a pressão e a temperatura, e determinar, então, quais delas variam e quais não variam. Por fim, são estabelecidas eventuais relações entre aquelas variáveis. Assim, as experiências são simplificadas e construídas para dirigir a atenção para alguns aspectos que normalmente não se encontram no dia-a-dia. Os alunos podem, por exemplo, prestar atenção ao estado de equilíbrio; normalmente não olham para estes fenómenos de forma espontânea, pois interessam-se mais pelo movimento (Seré, 1986). Obviamente, estas experiências por si só podem trazer algumas perturbações ao pensamento natural das crianças, uma vez que são novas para elas. Apesar disso, assume-se que as concepções que as crianças expressam acerca delas, antes de aprenderem a interpretá-las, são prévias ao ensino. Estes dois passos do pensamento da criança não estão completamente separados. Por exemplo, o que é dito sobre uma experiência da vida quotidiana pode ser expressado simultaneamente numa interpretação de uma experiência apresentada pelo professor (Seré, 1986).

A maior parte dos resultados obtidos por Seré (1986) foram provenientes de um questionário escrito, distribuído a 600 alunos, e de 20 entrevistas individuais. No questionário foram apresentadas situações experimentais através de desenhos simples. Os tópicos das entrevistas consistiram em objectos ou experiências realizadas pelo aluno, ajudado pelo entrevistador. Os resultados obtidos resumem-se seguidamente:

- (1) A maior parte dos alunos são capazes de dizer onde existe, e onde não existe ar, mas respondem melhor quando se trata de um recipiente aberto do que no caso de um frasco fechado. Os alunos que afirmaram que o ar estava presente, justificaram dizendo que o ar havia entrado no recipiente; se afirmaram o contrário, justificaram dizendo que o ar já tinha saído.
- (2) As relações directas que a maior parte dos alunos estabelecem entre a presença e o movimento do ar são interessantes. Crêem, por exemplo, que é necessário segurar uma garrafa aberta contra uma corrente de ar (vento) para a encher com ar.
- (3) Muitas crianças têm concepções erradas sobre a distribuição do ar nos recipientes. Pensam, por exemplo, que o ar pode circular livremente numa garrafa aberta, mas não numa que esteja fechada.
- (4) Quando existe uma fonte de calor, as crianças referem que o ar quente sobe e, por isso, não está em toda a parte. No entanto, nunca referem que o ar frio desce.
- (5) Alguns alunos pensam que o ar se transforma num gás quando é aquecido, como por exemplo, dióxido de carbono, o que mostra que relacionam o aumento da temperatura com a combustão.

- (6) Muitos alunos sabem que o ar é necessário à respiração e para uma vela arder, mas não conhecem o seu efeito em relação a outros fenómenos, como por exemplo, o facto de não ser possível comprimir completamente uma garrafa que está cheia de ar e se encontra perfeitamente tapada com uma rolha.
- (7) Alguns alunos pensam que quanto mais ar existe num objecto, mais leve ele se torna.
- (8) Muitos alunos julgam que o ar não pode ser transportado de um lugar para outro, porque tem uma massa única e compacta.
- (9) Alguns alunos pensam que ao alterar o volume de ar, se provoca uma alteração na sua quantidade.
- (10) Para quase todos os alunos o ar atmosférico não exerce forças.

2.5. O conhecimento sobre concepções alternativas e suas implicações para o ensino

Todos nós possuímos sistemas de crenças sobre as coisas e o modo como acontecem, e temos expectativas que nos ajudam a prever futuros acontecimentos. Isso ajuda-nos a actuar no dia-a-dia, sem estar constantemente em estado de confusão e de choque. As crianças que chegam às escolas também construíram conjuntos de expectativas e sistemas próprios de crenças sobre um conjunto de fenómenos naturais, os quais podem ser totalmente diferentes daqueles que o professor pretende transmitir (Driver, 1981).

O facto de que as crianças criam ideias próprias sobre os fenómenos físicos comuns não deveria constituir surpresa para os professores. As suas experiências de empurrar, puxar, erguer, atirar, sentir e ver coisas, contribuem para o aparecimento dessas ideias, tal como a linguagem do dia-a-dia. Mas seria um erro considerar que estas concepções e estruturas alternativas resultantes apenas das experiências da criança, aparecem através de um processo de indução. Existe também um elemento criativo e imaginativo, que está directamente envolvido quando a criança constrói os significados acerca dos acontecimentos que presencia (Driver, 1981).

A perspectiva empiricista da Ciência sugere que as ideias e teorias científicas são alcançadas por um processo de indução. Os investigadores, tal como os alunos ou os próprios cientistas em actividade, percorrem uma sequência de processos organizada hierarquicamente, começando pela observação dos factos. A partir desses factos podem ser feitas generalizações e induzidas hipóteses ou teorias (Driver, 1981).

No entanto, a actual filosofia da Ciência sugere que as hipóteses e teorias não estão assim tão relacionadas com os dados objectivos, mas são construções, ou seja, produtos da imaginação humana. Nesta perspectiva, as observações dos acontecimentos

não são objectivas porque são influenciadas pela estrutura teórica do observador (Driver, 1981).

Uma vez que nenhuma teoria está relacionada com uma única e dedutiva forma de observar, podem existir múltiplas explicações para os acontecimentos. Os alunos podem trazer, e trazem mesmo, concepções e estruturas alternativas para a sala de aula, a fim de explicar observações que são facultadas pela sua própria experiência e, neste sentido, não podem ser “erradas”, embora o professor as possa considerar incompletas e limitadas de acordo com o seu ponto de vista (Driver, 1981).

O trabalho desenvolvido na área das concepções dos alunos tem sido orientado no sentido de examinar a aprendizagem através de métodos que têm lugar fora da sala de aula, em entrevistas, embora alguns investigadores tentem relacionar os seus estudos com outras técnicas, tais como a observação na sala de aula. O impacto da investigação sobre concepções dos alunos na investigação levada a cabo num contexto de ensino, varia consoante a estrutura segundo a qual os estudos são interpretados.

De acordo com Gilbert e Watts (1983) o trabalho conduzido segundo uma perspectiva clássica considera a concepção errada simplesmente como errada. A atitude extrema poderia ser a ignorância completa de qualquer evidência de confusão por parte do aluno e iniciar o ensino como se este fosse “tabua rasa”. Pode haver a tentação de repetir meramente sequências de ensino anteriores, talvez com base na ilusão de que a simples repetição, com frases construídas de forma precisa, é suficiente para chegar à compreensão formal. Os mesmos autores preferem uma perspectiva de desenvolvimento conceptual, propondo que se aceite a existência e o valor de estruturas alternativas e que se procure educar no sentido de expandir a aplicabilidade dessas estruturas ou se tente modificá-las em função de uma perspectiva consensual da ciência formal.

Nussbaum e Novick (1982) planearam uma estratégia de ensino para observar as concepções do aluno, na esperança de conduzir à reestruturação cognitiva. Sugeriram que o professor deve: criar uma situação que faça com que os alunos invoquem a sua estrutura conceptual; pedir-lhes que descrevam essa estrutura verbal ou graficamente; ajudá-los a clarificar as suas ideias, evitando a avaliação; debater com os alunos as vantagens e desvantagens; e chegar à solução mais generalizável possível.

Rowell e Dawson (1979) descrevem três formas possíveis de resolução quando os alunos possuem conceitos em conflito: a introdução de uma alternativa que pareça mais lógica; o uso de uma situação análoga, que possa tornar um conceito mais atraente; ou, se nenhuma alternativa parecer apropriada, pode ser construída uma nova ideia unificadora. A análise sobre mudança conceptual efectuada por Hewson (1981) indica que a mudança é relativamente difícil de alcançar, a não ser que o sujeito esteja pouco

satisfeito com as suas crenças actuais e veja uma estrutura alternativa como inteligível, plausível e útil.

Smith e Lott (1983) conduziram uma investigação sobre a prática de professores e chegaram à conclusão que ensinar os professores a ensinar para a mudança conceptual é de facto muito difícil. Viram que os alunos muitas vezes ficavam inseguros por não saberem quais as generalizações empíricas que são importantes, porque a comunicação envolve muitas fontes de ambiguidade, faltando por vezes a estruturação de questões essenciais, o que faz com que a instrução leve muitas vezes a uma concepção errada.

Vários investigadores franceses utilizaram o termo “teoria da didáctica” no seu trabalho sobre instrução na sala de aula (Brousseau, 1986; Vergnaud, 1982). Esta abordagem foi resumida por Balacheff (1987) ao introduzir a estrutura epistemológica da investigação, em que a origem do conhecimento está nos próprios problemas dos alunos e onde, depois, se colocam hipóteses aos alunos (que as devem interpretar activamente) para fazer com que vejam o sentido da experiência que se segue. Assim, estes autores assumem que o ensino é o processo de socialização das concepções dos alunos. Conduzem a sua investigação com a colaboração de professores e planeiam actividades de ensino que façam surgir as concepções dos alunos através da formulação de problemas, pedindo que os alunos ajam e validem as suas construções. Caminham, assim, no sentido de uma institucionalização do currículo através do discurso público. Estudam, deste modo, a eficácia dos materiais e métodos num contexto global ecologicamente válido.

Outras estratégias de ensino incluem a teoria de mudança de esquema e o confronto de ideias (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1983). Ambas as abordagens requerem uma mudança dialéctica na articulação e revisão de concepções. Watts e Gilbert (1983) sugerem a existência de três processos nas intervenções bem sucedidas: explicação (desempenho de uma tarefa ou análise de um conceito para conduzir à articulação de uma concepção); expectativa (verbalização de uma previsão baseada na concepção); e exploração (testagem de modelos e comparação de resultados, dadas as concepções).

Minstrell (1982) e Pope (1985) manifestam a necessidade de um ambiente na sala de aula que convide e encoraje o discurso aberto e confiável. O primeiro destes dois autores defende um contexto de liberdade de expressão, onde se encoraje a articulação e haja uma variedade de experiências com objectos em todos os graus de ensino, incentivando-se a procura da solução racional mais simples. Pope acrescenta a dimensão da afectividade à discussão, avisando que se a mudança conceptual for brusca ou forçar os alunos a abandonar prematuramente as suas crenças, pode surgir ansiedade, medo ou ameaça.

Em suma, o professor pode questionar-se por que se deve prestar atenção às concepções alternativas dos alunos, uma vez que, se tais ideias são erradas, tal como uma marotice de uma criança que se porta mal, então deveriam ser ignoradas e extintas. Ausubel (1968) comentou a importância de se considerar aquilo a que chamou pré-concepções da criança, sugerindo que são surpreendentemente resistentes à extinção, e que ignorá-las pode constituir o factor mais determinante na não aquisição e retenção do conhecimento da matéria em estudo.

Se existe um problema em relação à persistência das concepções alternativas, então não será importante estar a par destas ideias, a fim de ajudar os alunos a ver as suas limitações e a desenvolver o seu conhecimento? Driver (1981) mostra-nos como é que essa informação pode ser usada e quais as implicações que poderá ter na prática da sala de aula. Apresenta, nesse sentido, quatro sugestões:

- (1) O desenvolvimento do currículo de ciências tem que prestar mais atenção à estrutura do pensamento da criança. Em vez de se basear apenas nas operações lógicas piagetianas, também se deve preocupar com o conteúdo e o processo de pensamento.
- (2) Os programas de ensino precisam de ser estruturados de acordo com uma perspectiva de desenvolvimento da compreensão de ideias científicas realmente importantes. A ordem lógica do ensino pode não corresponder à ordem psicológica no contexto de aprendizagem. Assim, não deverá existir um grande entusiasmo em relação a programas de aprendizagem muito estruturados e hierarquizados.
- (3) As actividades em ciências devem incluir algumas que preparem os alunos para abandonar as concepções alternativas e passar a acreditar nas que são cientificamente válidas.
- (4) Se as questões filosóficas a respeito das concepções alternativas forem levadas a sério, então podemos ver que é necessário incluir oportunidades para os alunos pensarem sobre as observações e recolhas de dados realizadas nas aulas de ciências. Os professores devem convencer-se que as explicações não derivam claramente dos dados.

Os professores sabem qual é a interpretação que se espera para uma determinada experiência. Já passaram por isso antes. Mas os alunos talvez não... Nem sempre é um caminho fácil de percorrer. A teoria não se relaciona com os dados de uma única forma dedutiva; as actividades realizadas com aparelhos, em laboratório e fora dele, não são suficientes para desenvolver o pensamento da criança (Driver, 1981).

Os filósofos modernos da ciência indicaram as limitações do empiricismo racional, mas parece que esta ainda é a perspectiva predominante nas aulas de ciências. Existem aulas onde as actividades práticas desempenham um papel central. Os alunos passam a maior parte do tempo manipulando objectos, escrevendo, recortando, colando,

ligando e desligando aparelhos... Com que objectivo? Por vezes, o facto de se fazer não significa que se compreende. Às vezes faz-se, e ainda se fica mais confuso. Portanto, a actividade por si só não é suficiente; é o sentido que lhe é dado que interessa verdadeiramente (Driver, 1981).

Driver (1981) ao defender ideias com as anteriores, não está a defender uma diminuição do trabalho prático, mas sugere que este por si só não é suficiente. Os alunos precisam de tempo para pensar, individualmente e em grupo, com o seu professor, para debater as implicações e explicações possíveis daquilo que observam. Isto leva mais tempo do que aquele que se gasta normalmente nas aulas. Se os próprios cientistas têm dificuldade em reformular as suas concepções sobre o mundo, não é de admirar que as crianças também tenham, e que precisem de tempo para isso. Também precisam de falar e escrever sobre as suas ideias, o que pode ajudá-los a modificar a sua maneira de pensar, mas para isso, também precisam de tempo. O que os professores têm em mente quando dão as suas aulas pode ser o destino mais desejável de um processo de pensamento; mas um aluno tem que “marcar passo”, para abandonar a ideia que possui e que lhe é familiar e adquirir outra que é nova. Por outras palavras, o aluno tem que fazer uma viagem no seu próprio pensamento.

2.6. Mudança conceptual

Segundo Hewson (1981) existem três ideias em educação de ciências que são de particular importância. Em primeiro lugar, o conhecimento que se possui é de uma importância crítica, nas tentativas de darmos um sentido às nossas experiências. Um aluno, por exemplo, tem que recorrer ao seu conhecimento prévio para dar significado a uma medição ou a uma imagem dada pelo microscópio. Em segundo lugar, cada um de nós esforça-se por compreender o mundo natural. No caso dos alunos, muitos deles conseguem ter uma ideia clara sobre um determinado assunto que é abordado nas aulas, porém acham que não está muito de acordo com a sua própria experiência, ou seja, não faz sentido. Em terceiro lugar, diferentes indivíduos constroem concepções alternativas distintas a partir da mesma informação. Além disso, cada um considera implicitamente que a sua concepção é a mais razoável.

Mas ter uma noção destas três evidências no geral e, simultaneamente, possuir uma ideia razoável de como é que os indivíduos usam o seu conhecimento para dar sentido ao mundo que os rodeia e também do que se deve fazer quando os alunos têm concepções alternativas sobre fenómenos comuns, são questões completamente diferentes. Muitas vezes os professores dão importância a uma explicação detalhada

sobre um certo fenómeno, sem ter a noção de que alguns alunos têm interpretações completamente diferentes nas suas mentes (Hewson, 1981).

Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982) desenvolveram um modelo global de mudança conceptual que deriva da actual filosofia da ciência, mas que também abrange o contexto da aprendizagem. A ideia principal desse estudo é que a aprendizagem é uma actividade racional, isto é, aparece fundamentalmente para compreender e aceitar ideias porque estas são vistas como algo inteligível e racional. É como uma investigação. A aprendizagem relaciona-se com ideias, as suas estruturas e evidências. Não é uma mera aquisição de uma série de respostas correctas, um reportório verbal ou um conjunto de comportamentos. A aprendizagem, tal como a investigação, é antes de mais um processo de mudança conceptual. A questão básica consiste em saber como é que as concepções dos alunos mudam sob o impacto de novas ideias e novas evidências.

Segundo Hewson (1981), este processo de mudança de concepções, quando confrontadas com novas ideias ou novas informações, é muito análogo ao que está envolvido quando uma pessoa aprende ciência. Em ambos os casos há uma interacção entre o conhecimento existente e o que aparece de novo, o que resulta numa síntese do conhecimento novo e velho. Para Hewson (1981), surge aqui uma questão de mudança conceptual: sob que condições é que um indivíduo detentor de uma série de concepções sobre fenómenos naturais, ao ser confrontado com novas experiências, mantém as suas concepções substancialmente na mesma, enquanto assimila as novas? Ou terá que substituí-las devido à falta de adequação? E que implicações para o ensino das ciências derivam desta análise das condições em que ocorre a mudança conceptual?

A mudança conceptual pode ocorrer de inúmeras formas num indivíduo. Pode, por exemplo, existir a adição de novas concepções através de experiências, pode verificar-se o desenvolvimento pessoal do indivíduo, pelo contacto com outras pessoas, ou pode dar-se uma reorganização das concepções existentes, motivada externamente por alguma ideia nova, ou internamente em resultado de algum processo de pensamento. Pode ainda haver uma rejeição de alguma concepção existente, talvez devido a uma reorganização conceptual ou a remoção provocada por novas concepções. Obviamente que todas estas formas não são independentes; uma pode dar lugar a outra de acordo com padrões complexos e sempre em mudança (Hewson, 1981).

Hewson (1981) aborda estas teorias, tomando como ponto de partida a adição de novas concepções e discutindo a reorganização e rejeição à medida que vão surgindo. Por exemplo, quando uma pessoa que possui uma determinada concepção sobre um determinado fenómeno é confrontada com outra concepção, alternativa sobre o mesmo fenómeno, o que pode acontecer? De acordo com aquele autor, a nova concepção pode ser: (1) rejeitada; ou (2) incorporada, o que pode acontecer de três possíveis maneiras. A

nova concepção pode ser memorizada; pode substituir a anterior e reconciliar-se com as restantes concepções através de um processo denominado “troca conceptual”; ou pode reconciliar-se com as concepções existentes, incluindo a que existia, através de um processo designado por “captura conceptual”.

A reconciliação é importante porque é o processo pelo qual uma pessoa atribui sentido a uma nova concepção, vendo-a no contexto do conhecimento e da compreensão já existentes. Reconciliar a nova concepção com a anterior implica que existam ligações inferenciais significativas entre elas, que não se contradigam, que fazem parte do mesmo conjunto de ideias, e que existe consistência entre ambas. Assim, uma concepção que é memorizada não satisfaz estas condições. A captura conceptual será o processo pelo qual a concepção nova é reconciliada com a antiga e a troca conceptual será o processo pelo qual a concepção anterior é substituída pela mais recente, por serem mutuamente irreconciliáveis (Hewson, 1981).

Todos estes processos dependem de cada indivíduo. Uma mesma concepção apresentada a uma turma pode ser memorizada por um aluno, pode ser incorporada por captura conceptual por outro, enquanto um terceiro aluno pode reconciliá-la através da troca conceptual (Hewson, 1981).

O modelo apresentado por Posner et al. (1982) foca, globalmente, as mudanças conceptuais e utiliza os termos “assimilação” e “acomodação” para “captura conceptual” e “troca conceptual”, respectivamente. Estes autores consideram o caso de uma pessoa cujas concepções são desafiadas por uma nova concepção. Defendem que, antes que a concepção anterior seja substituída pela nova, é necessário satisfazer quatro condições:

- (1) Tem que existir algum descontentamento em relação à concepção antiga. Uma pessoa que possui uma concepção não vai trocá-la sem ter uma boa razão para estar descontente com ela. Esse descontentamento pode ocorrer de duas formas possíveis: primeiro, ocorre quando se torna claro que a concepção anterior não se pode reconciliar com novos conhecimentos e novas experiências, os quais também não podem ser ignorados; segundo, o descontentamento pode ocorrer no interior da própria concepção, se esta violar algum padrão epistemológico.
- (2) A nova concepção tem que ser inteligível. Uma pessoa, confrontada com uma nova concepção, não pode incorporá-la racionalmente nas suas concepções já existentes, se não conseguir dar-lhe sentido, a não ser pela memorização. Por forma a considerar uma concepção inteligível, a pessoa implicada tem que ser capaz de identificar ou construir uma representação coerente dessa concepção. Este facto requer também que a pessoa seja capaz de ver que ela é internamente consistente, embora não seja

necessário que sinta que é reconciliável com outro conhecimento. Assim, a pessoa pode dizer que a nova concepção é inteligível sem acreditar nela.

- (3) A nova concepção tem que ser plausível. Uma pessoa que é confrontada com uma nova concepção que é incorporada racionalmente nas já existentes, tem que ser capaz de ver que um mundo em que essa nova concepção é verdadeira, é reconciliável com a sua própria concepção do mundo. Tal concepção possui plausibilidade, o que pode acontecer de maneiras diferentes: a nova concepção pode ser inferida a partir das concepções existentes, ou vice-versa; pode encaixar-se nos padrões de conhecimento pessoal; ou pode ser consistente com experiências anteriores. No geral, então, a plausibilidade da nova concepção depende da sua relação com o conhecimento existente da pessoa em questão. Para ser plausível tem que ser inteligível; não podemos dizer que uma concepção é verdadeira sem antes a termos compreendido. Mas se a inteligibilidade é necessária para a plausibilidade, não é suficiente.
- (4) A nova concepção tem que ser útil (ou frutuosa). Uma pessoa não incorpora uma nova concepção sem ter uma boa razão, particularmente se for à custa de uma concepção existente. Ou seja, a nova concepção tem que ser considerada útil, o que pode ser conseguido de diferentes maneiras: ela pode resolver problemas experienciados pela concepção antiga, isto é, algo que era anômalo em relação àquela, deixa de o ser em relação à nova concepção; ou esta pode sugerir novas abordagens, novas experiências.

Apoiando-se no modelo global de mudança conceptual acima apresentado, Hewson (1981) descreve algumas possibilidades em que pode ocorrer a mudança conceptual. Para este autor, a questão inicial é saber se a nova concepção será rejeitada ou incorporada através da memorização, da captura conceptual ou da troca conceptual. O que acontece à nova concepção depende das respostas às três questões seguintes: Qual é o estatuto da concepção anterior? Qual é o estatuto da nova concepção? A nova concepção pode reconciliar-se com a antiga?

De acordo com o modelo de Posner et al. (1982), o estatuto de uma concepção pode ser considerado: inteligível (é apenas inteligível, não é plausível nem útil); inteligível e plausível (mas não frutuosa); e inteligível, plausível e útil. Assim, as respostas às duas primeiras perguntas dependerão das condições discutidas anteriormente, isto é, do descontentamento, da inteligibilidade, da plausibilidade e da utilidade que as concepções nova e antiga possuem, separadamente.

A terceira questão aponta para uma quinta condição: se ambas as concepções serão, ou não, reconciliáveis. Quaisquer duas concepções são reconciliáveis para uma pessoa em particular, apenas se forem ambas vistas como inteligíveis. Se, além disso, a concepção antiga for plausível, então a nova concepção só se pode reconciliar com ela

se também for plausível. Desta forma, para reconciliar concepções, ou são ambas plausíveis, ou são ambas apenas inteligíveis (Hewson, 1981).

Foram apresentadas as possibilidades do que pode acontecer a uma nova concepção num dado momento, mas não se focaram os aspectos dinâmicos do modelo, ou seja, o que faz mudar o estatuto de uma concepção. De acordo com Hewson (1981), existem dois factores muito importantes que afectam a mudança de estatuto de uma concepção e, assim, afectam a mudança conceptual: o grau de confiança que um indivíduo tem numa concepção e o grau de descontentamento que possui em relação a ela. Embora a confiança e o descontentamento estejam muito relacionados, é possível distingui-los. Uma pessoa pode ter muita confiança numa concepção, embora exista algum descontentamento em relação a ela, especialmente se não existir uma alternativa viável. É igualmente possível que uma pessoa se agarre a uma concepção, mesmo sem ter uma grande confiança nela, simplesmente porque não existe nenhuma razão para estar descontente com ela.

O grau de confiança que um indivíduo tem numa concepção depende do grau de reconciliação que tem com outras concepções, e da importância dessa concepção na estrutura conceptual desse indivíduo, que é afinal o meio pelo qual ele atribui sentido ao mundo. Desta forma, uma pessoa fica agarrada a uma concepção porque se a eliminar pode vir a afectar a coerência da sua visão do mundo (Hewson, 1981).

Hewson (1981) resume as diferentes causas possíveis para que surja descontentamento em relação a uma concepção. Esse descontentamento ocorre quando surgem problemas em reconciliá-la com outras concepções. Quando há descontentamento, dá-se uma redução no estatuto da concepção: se baixar a plausibilidade, é provável que aconteça uma troca conceptual. Quando ocorre descontentamento em relação a uma nova concepção, evita-se que esta se torne plausível e bloqueia-se, assim, a sua incorporação com as concepções já existentes.

O modelo de mudança conceptual aqui apresentado e que é preconizado por Hewson (1981) e Posner et al. (1982) tem algumas implicações importantes para o ensino. O primeiro daqueles autores sugere que, juntamente com a apresentação de uma determinada concepção (nova para a maioria dos alunos), o professor tem que ir de encontro às concepções alternativas. O objectivo expresso dessa intervenção é, por um lado, reduzir o estatuto dessas concepções alternativas, para permitir que ocorra uma troca conceptual ou, por outro lado, proporcionar a reconciliação da concepção pretendida com as já existentes (no caso de isso ser possível), a fim de facilitar a captura conceptual. Como Posner et al. (1982) defendem, o uso de anomalias, para fazer surgir os problemas relativos a uma determinada concepção alternativa, pode ajudar significativamente a ocorrência da troca conceptual, embora tenha que haver o cuidado

de assegurar que a anomalia é perfeitamente compreendida. Uma outra questão levantada por aqueles autores é em relação à importância da identificação e encontro dos compromissos metafísicos dos alunos, que estão frequentemente implícitos, mas que servem de âncora para diferentes concepções alternativas.

Na opinião de Hewson (1981), o papel do professor de ciências deve ser mais alargado do que o de um micro apresentador de informação. Ele deve instigar o descontentamento em relação a concepções alternativas e deve encorajar o diálogo entre perspectivas opostas. Deve também ser capaz de avaliar em que estágio do processo de mudança conceptual se encontram os alunos.

Na perspectiva de Posner et al. (1982) o professor como clarificador de ideias e apresentador de informação não se adequa de forma alguma ao processo de acomodação de novas concepções. Ele deve assumir dois outros papéis a fim de facilitar a acomodação. Deve tornar-se:

- (1) Um adversário, no sentido que deve confrontar o aluno com problemas que aparecem necessariamente quando ele tenta assimilar novas concepções;
- (2) Um modelo do pensamento científico, incluindo: uma exigência de consistência entre crenças e entre a teoria e a evidência empírica; uma procura de diminuição de crenças; um ceticismo em relação a coisas que possam não fazer sentido, mesmo que apareçam em determinadas teorias; e uma apreciação crítica das discrepâncias entre vários resultados, que podem, ou não, estar de acordo com a teoria.

2.7. Técnicas de mudança conceptual

De entre as técnicas de mudança conceptual estão as que focam as funções de externalização e modificação da estrutura de conhecimento do aluno e outras que enfatizam a necessidade de auto-monitorização e controle de eventos da aprendizagem. Embora estas técnicas estejam num estado de desenvolvimento e implementação embrionário, numerosos estudos tentaram apreciar a sua eficácia em situações da sala de aula. É provável que as estratégias de mudança conceptual que têm mais sucesso se baseiem num vasto conjunto de técnicas básicas derivadas da teoria, utilizadas em diferentes combinações, de acordo com as necessidades manifestadas pelo aluno (Wandersee, Mintzes & Novak, 1995).

• Técnicas para externalização e modificação da estrutura cognitiva

Tem sido sugerido que as estratégias de mudança conceptual surgem, em parte, da premissa que a ciência e a aprendizagem da ciência são melhor promovidas à luz do

escrutínio público conjugado com a colisão de pontos de vista opostos (Gowin, 1987; Mintzes, Trowbridge, Arnaudin & Wandersee, 1991). A noção consiste em que a mudança conceptual envolve tipicamente um árduo trabalho intelectual (quase sempre acompanhado de emoção) que necessita que sejam reestruturadas as relações entre os conceitos existentes e muitas vezes requer a aquisição de conceitos inteiramente novos. Estes objectivos podem ser facilmente cumpridos através da combinação de actividades individuais, em pequeno grupo e em grande grupo, onde as explicações e descrições alternativas dos fenómenos científicos são verbalizadas, justificadas, debatidas, testadas e aplicadas a novas situações.

De entre as técnicas mais usadas para externalizar as ideias existentes estão as entrevistas clínicas (Osborne & Gilbert, 1980; Pines, Novak, Posner & VanKirk, 1978), os mapas conceptuais (Novak & Gowin, 1984; Novak & Wandersee, 1990), questões de resposta aberta ou de escolha múltipla (Tamir, 1989; Treagust, 1988), séries de problemas (Browning & Lehman, 1988), simulações por computador (Nachmias, Stavy & Avrams, 1990; Zietsman & Hewson, 1986); tarefas de classificação e de associação de palavras (Cachapuz & Maskill, 1987; Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985; Jungwirth, 1988), discussões na sala de aula (Nussbaum & Novick, 1982) e escrita em jornal (Kuhn & Aguirre, 1987). O “cavalo de batalha” nesta área é a entrevista clínica (Wandersee, Mintzes & Arnaudin, 1989).

Depois das ideias dos alunos serem identificadas, começa a tarefa de modificação dessas ideias. Para isso, vários grupos de investigadores têm experimentado uma vasta série de técnicas modificadoras, tendo atingido diversos níveis de sucesso. São de salientar os esforços de vários investigadores, designadamente: Anderson e Smith (1983), Champagne et al. (1985), Clement (1987), Driver (1987), Driver, Guesne e Tiberghien (1985), Hewson e Hewson (1983), Novak e Gowin (1984) e Nussbaum e Novick (1982). As estratégias de mudança conceptual combinadas com abordagens de aprendizagem cooperativa também têm tido algum sucesso (Basili & Sanford, 1991).

Segundo Wandersee, Mintzes & Novak (1995) é necessário ter algumas cautelas com o estatuto da investigação na área da mudança conceptual. Muito do trabalho desenvolvido tem origens relativamente recentes e, embora promissor, é provavelmente melhor descrito como exploratório por natureza. A maioria dos estudos realizados baseou-se em amostras pequenas, métodos não testados, registos anedóticos e desenhos de investigação pouco rigorosos, onde faltam comparações com grupos de controle. Nenhum destes estudos foi virtualmente replicado. Todavia, a investigação puramente qualitativa continua a melhorar, enquanto o design de investigação evolui nos métodos

usados. Assim, apesar dos aspectos menos positivos referidos anteriormente, é impressionante o relativo sucesso obtido até à data por alguns investigadores.

Um dos estudos que preconizam esses avanços é designado por “Children’s Learning in Science” (Brook, 1987; Scott, 1987) e baseia-se num modelo global de aprendizagem construtivista (Driver, 1981, 1989; Driver & Oldham, 1986). O esforço inicial concentrou-se no desenvolvimento de materiais de ensino para os tópicos energia, estrutura da matéria e alimentação das plantas. Foram desenvolvidas unidades de ensino de 6 a 12 lições, organizadas de acordo com um esquema geral constituído por quatro fases: uma actividade de orientação, levantamento do conhecimento prévio, uma componente de re-estruturação e um exercício de reflexão ou de metacognição. A componente de re-estruturação consiste numa série de “manobras de ensino” para alargar e diferenciar os conceitos existentes, construir pontes experimentais, descobrir problemas conceptuais, importar novos modelos ou analogias e, progressivamente, dar forma às ideias dos alunos (Driver, 1987).

Num estudo sobre a natureza corpuscular da matéria (Scott, 1987), foram desenvolvidas 13 lições a alunos do ensino secundário com a intenção de encorajar a mudança de um modelo contínuo para um modelo discreto. Num dos casos, durante um período de dois meses e meio, uma aluna de 14 anos de idade pareceu ter experimentado uma evolução significativa no sentido da perspectiva cientificamente aceite. No entanto, mesmo depois daquele período de tempo, não ficou inteiramente convencida da noção de um vácuo intermolecular. Outros casos semelhantes foram também detectados. Estas descobertas são consistentes com as de outros investigadores, nomeadamente Nussbaum (1985).

Um número substancial de estudos tem sobressaído de um modelo de mudança conceptual que propõe a utilização do conflito ou do confronto de estratégias na acomodação de novos conceitos científicos (Posner et al., 1982). O modelo enfatiza, entre outras coisas, as condições que se pensa serem necessárias para a substituição de um conceito central por outro. A primeira dessas condições é que os alunos deixem de se sentir satisfeitos com as concepções existentes, achando que não têm poder suficiente para explicar problemas centrais desse domínio, o que resulta num conjunto de peças desencaixadas ou anomalias. Além disso, o novo conceito a aprender deve ser considerado inteligível e plausível, bem como tendo potencial para explicar uma vasta gama de novos fenómenos (ou seja, deve ser proveitoso).

Juntamente com as estratégias de confrontação, tem havido vários níveis de sucesso com o uso de analogias (Clement, 1987; Clement, Brown & Zietsman, 1989; Glynn, Yeany & Britton, 1991; Dupin & Johsua, 1989; Johsua & Dupin, 1987). Saliente-se o caso de Clement, na sua pesquisa sobre “concepções de recurso”

(*anchoring conceptions*), as quais consistem em estruturas de conhecimento intuitivas que não coincidem com a teoria física. Este investigador desenvolveu lições com a finalidade de convencer os alunos de que o problema alvo é análogo a alguns fenómenos físicos comumente compreendidos. Para isso, utilizou por vezes uma “analogia de passagem” (*bridging analogy*) como intermediário.

- ***Técnicas de monitorização e controle da estrutura cognitiva***

Juntamente com a vasta gama de abordagens correntemente usadas para efectuar a mudança conceptual no domínio específico das ciências naturais, várias estratégias genéricas têm sido desenvolvidas para ajudar os alunos a “aprender a aprender” (Novak & Gowin, 1984). A razão subjacente a estas estratégias, chamadas metacognitivas, é a assunção de que os estudantes que sabem como monitorizar e controlar a sua aprendizagem são mais capazes de ter a intenção de “fazer sentido” (Novak, 1987) e, em resultado disso, pode-se esperar que reconheçam e tentem corrigir inconsistências do seu próprio pensamento.

Em Portugal, o uso de estratégias metacognitivas na promoção do sucesso do aluno tem sido veementemente defendido por vários autores, dos quais se destaca Odete Valente (1989, 1991). Segundo esta autora, a instrução deve explicitar e treinar directamente o pensamento metacognitivo desenvolvendo estratégias de ensino conducentes a esse desenvolvimento. Por exemplo, estratégias como a estimulação dos alunos a verbalizarem as suas dificuldades e os processos cognitivos utilizados nas tarefas, a avaliação dos percursos realizados, a explicitação da razão das suas dificuldades ou sucessos, permitem ao aluno conhecer o seu acto de aprender. Além disso, estratégias de ensino, como o professor explicitar os seus próprios processos mentais na apresentação dos conteúdos, permitem ao aluno conhecer o acto mental do outro e confrontá-lo consigo mesmo com possibilidades de verificar a adequação dos seus procedimentos cognitivos em relação às exigências da tarefa. Por último, estratégias de ensino, como o professor explicar ao aluno o processo cognitivo subjacente aos conteúdos e desenvolver procedimentos mais dirigidos à compreensão do que à correcção, analisar e avaliar mais o processo de aprendizagem do que os seus produtos, no sentido de os alunos serem os próprios a detectarem os erros, provocam, consequentemente, um gradual apagamento do professor.

De entre as linhas mais fortes de evidência que apoia a utilização de estratégias metacognitivas encontra-se a que aborda as diferenças de estrutura e uso de conhecimento entre peritos e iniciados (Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Esses estudos revelam que as pessoas que têm sucesso aprenderam a integrar o seu conhecimento

reflectindo sobre o seu significado e identificando e resolvendo contradições existentes na sua estrutura. Tem sido sugerido que se a meta-aprendizagem pode ser ensinada, então o problema de como conduzir a mudança conceptual pode ser resolvido (White & Gunstone, 1989).

Esta pode ser uma ambição de certo modo optimista e para lhe dar consistência é necessário desenvolver uma boa quantidade de trabalho empírico. De qualquer forma, os estudos já realizados revelam consistentemente que os alunos mais fracos têm dificuldade em: (1) saber quando compreendem algo; (2) determinar a quantidade de tempo e de esforço que precisam para alcançar os seus objectivos; e (3) decidir por estratégias de aprendizagem apropriadas. Pelo contrário, os bons alunos: (1) usam repetidamente estratégias de auto-questionamento para pôr à prova as suas concepções; (2) empregam frequentemente estratégias de revisão; (3) reflectem tipicamente sobre o seu desempenho; e (4) consideram que o seu conhecimento pode ser útil em situações futuras (Alexander & Judy, 1988; Garner & Alexander, 1989; Wandersee, 1988).

Os defensores de abordagens metacognitivas têm colocado várias questões importantes, designadamente: Os alunos podem aprender a usar estas estratégias? Se sim, será que as usarão? Finalmente, que tipo de mudança conceptual pode ser esperada se a resposta às duas primeiras perguntas for afirmativa? Não estão ainda disponíveis respostas definitivas a estas questões, o que se deve em parte à complexidade dos aspectos envolvidos, mas também porque o próprio projecto de investigação nesta área é ainda relativamente recente.

White e Gunstone (1989) resumiram os vários conhecimentos profundos que obtiveram sobre a implementação de técnicas de meta-aprendizagem, baseando-se na sua experiência com o Projecto para Atingir a Aprendizagem Efectiva (*Project to Enhance Effective Learning*). Várias das suas sugestões estão de acordo com as fornecidas por Garner e Alexander (1989), de entre as quais se destacam:

1. Deve ser prestada atenção à combinação entre os objectivos a curto prazo dos alunos por terem um bom desempenho nas avaliações da sala de aula e o objectivo a longo prazo do professor por facilitar a aprendizagem significativa. Além disso, deve-se recompensar a compreensão.
2. O contexto também é importante; o sucesso de estratégias de meta-aprendizagem em ciência depende da sua implementação no interior e através das disciplinas durante um extenso período de tempo.
3. A meta-aprendizagem e a mudança conceptual requerem esforço; são processos endotérmicos ou eventos não espontâneos que devem ser encorajados; a variedade de estratégias pode fornecer a motivação necessária.

4. Um forte compromisso com estratégias de meta-aprendizagem depende do apoio contínuo de colegas, administradores e pais, sendo, talvez, o aluno (e a sua auto-disciplina) o factor mais importante.

Novak e colegas seus têm desenvolvido, implementado e testado diversas estratégias de meta-aprendizagem derivadas da tradição de aprendizagem Ausubeliana, incluindo mapas de conceitos e diagramas em V (Novak & Gowin, 1984). O princípio orientador tem sido sempre a máxima de Ausubel sobre o conhecimento prévio: de entre os factores que influenciam a aprendizagem, o mais importante é o conhecimento prévio do próprio aluno (Ausubel, 1963, 1968). Por outras palavras, as coisas mais importantes que os alunos trazem para as aulas de ciências são os seus conceitos (Wandersee, 1986a).

Novak e os seus colegas desenvolveram mapas de conceitos e diagramas de conceitos em círculo para representar as estruturas de conhecimento dos alunos de forma gráfica. Gowin desenvolveu diagramas em V como um modo gráfico para representar o que os alunos compreendem sobre a natureza do conhecimento científico e a construção do conhecimento. Estas ferramentas consideradas em conjunto com as entrevistas clínicas permitiram que o grupo de investigação de Novak fizesse progressos na construção de uma teoria sobre concepções alternativas.

Estas ferramentas também forneceram aos professores de ciências formas de representação dos conteúdos da ciência e do pensamento científico de um modo gráfico que é acessível tanto a alunos como a professores. O valor destas ferramentas reside na utilização mais activa do que passiva, por parte do aluno (Wandersee et al., 1995).

2.8. Ensino das Ciências e formação de professores

Cachapuz (1995) defende que o ensino das Ciências deve seguir propostas metodológicas fundamentadas epistemologicamente em quadros construtivistas, em alternativa a práticas de ensino, ainda dominantes, marcadas pelo paradigma positivista. Assim, a perspectiva de ensino das Ciências deve ser mais heurística e ter como principal meta a inter-relação entre saberes da área disciplinar e saberes do aluno. Aquele autor entende que existem três vertentes complementares do ensino das Ciências capazes de ajudar a promover a excelência da aprendizagem:

- (1) Encarar o ensino básico das Ciências como uma formação para a literacia científica e não na lógica da formação de futuros cientistas. Isto implica que ocorram mudanças efectivas na orientação actual do ensino básico das Ciências, tomando como ponto de partida os saberes do dia-a-dia, valorizando-os e explorando-os, uma vez que assim

os alunos podem reconhecer os contextos e a história com que esses saberes se relacionam.

- (2) Valorizar o erro tornando o invisível visível. Isto significa que se deve tentar ver as Ciências pelos olhos do aluno, de modo a tornar possível a mudança conceptual e metodológica. É neste contexto que a problemática das concepções alternativas dos alunos adquire uma importância fulcral.
- (3) Orientar o ensino das Ciências numa perspectiva de trabalho científico. Deste modo, pretende-se valorizar um ensino que conjugue a aprendizagem de conceitos com o desenvolvimento de competências e tomada de consciência da natureza da Ciência.

Segundo Cachapuz (1995), uma das valências de ensino que mais facilmente se presta à exploração de interacções entre as três dimensões de trabalho científico acima referidas é o trabalho experimental. Porém, a riqueza educativa do ensino experimental das Ciências na perspectiva de trabalho científico não é compatível com protocolos experimentais estereotipados; pelo contrário, o princípio orientador deve ser o pluralismo metodológico. Nesse sentido, aquele autor sugere:

- (1) Situações experimentais com diferentes graus de abertura e, tanto quanto possível integrando percursos de pesquisa e não apenas tarefas pontuais e isoladas.
- (2) O uso adequado de questões, em particular das chamadas “questões para a acção”, isto é, questões que encorajam os alunos a usarem as suas próprias ideias e, sempre que possível, cuja resposta envolve a realização de situações experimentais.
- (3) A exploração do trabalho de grupo como estrutura de aprendizagem cooperativa e de comunicação envolvendo a negociação de significados, ou seja, explorando a intersubjectividade.
- (4) Uso do relatório ou descrição do trabalho experimental, não tanto como um relato do que se passou, mas sobretudo como um instrumento que permite aos alunos aperceberem-se das suas ideias e eventualmente reformular a sua compreensão sobre o que se passou, isto é, o relatório como um instrumento de aprendizagem metacognitiva.

Relativamente ao trabalho de laboratório, existem muitos estudos que o apontam como um meio eficaz na aquisição de capacidades de pensamento formal (Fix & Renner, 1979). Outras investigações revelaram que, para alguns alunos, a realização de actividades experimentais de fim-aberto, orientadas para o processo, desenvolve o pensamento criativo (Penick, 1976). Outros estudos, enfatizam ainda que, além daquelas vantagens, este tipo de actividades promove o desenvolvimento de atitudes positivas e de interesse relativamente às ciências, por parte dos alunos (Lunetta, Hofstein & Giddings, 1981). Assim, de acordo com Lunetta (1995), as vantagens da utilização do trabalho de laboratório podem resumir-se em quatro principais: ajudam o aluno a

compreender conceitos científicos, desenvolvem nele skills científicos práticos e capacidades de resolução de problemas, promovem o desenvolvimento do interesse e da motivação e proporcionam a compreensão da natureza da ciência.

No que diz respeito à representação gráfica, por parte do aluno, do seu próprio conhecimento, Glynn (1997) defende que quando os alunos aprendem significativamente um conceito científico, constroem modelos mentais desse conceito, tal como os cientistas. De acordo com este autor, o grande valor desses modelos é a contribuição que dão no processo de originar novas ideias. Este tipo de desenhos não deve ser confundido com outras estratégias de ensino, como os mapas de conceitos, pois trata-se de desenhos ou esquemas concebidos inteiramente pelo aluno, sem palavras nem linhas a interligá-las. Os desenhos dos alunos sobre um determinado conceito científico (como o conceito de célula) permitem que o professor veja até que ponto eles o compreenderam. É importante também que o professor discuta os desenhos com os seus alunos para lhes dar a oportunidade de explicar por que razão os fizeram de determinada maneira.

Relativamente ao uso de questões na sala de aula, Penick, Crow & Bonnstetter (1996) defendem que os professores de Ciências que caminham para a excelência modelam o uso eficaz de questões em investigação científica. Eles estão conscientes que os alunos que aprendem as questões e a lógica da Ciência, desenvolvem skills de pensamento e a literacia científica. Além disso, as questões fazem surgir novas ideias e sugestões, estimulando o pensamento e a acção do aluno, revelando-se, assim, numa peça fundamental na lógica de resolução de problemas.

Os professores que procuram a tal literacia científica e skills de pensamento nos seus alunos, devem desenvolver e usar estratégias claras e objectivas para decidir que questões vão colocar, quando vão colocá-las, e segundo que ordem. Para isso, devem ter uma ideia clara sobre a melhor altura para começar o questionamento, como é que uma questão conduz a outra e para onde é que se pretende ir (Penick et al., 1996).

Os alunos, que normalmente receiam exprimir as suas ideias por terem medo da rejeição, devem ouvir perguntas muito claras e que não sejam ameaçadoras. A estratégia de questionamento do professor deve, portanto, assegurar que o aluno se disponha a responder à questão inicial, e que o professor aprenda a conhecer o pensamento dos alunos, de forma a colocar outras questões apropriadas àquele aluno em particular (Penick et al., 1996).

Blosser (1991) desenvolveu um “sistema de categorias de perguntas em ciência”, segundo o qual as perguntas podem ser classificadas como sendo uma das quatro categorias principais: operacionais, retóricas, fechadas ou abertas. As questões operacionais servem para manter a dinâmica da sala de aula (por exemplo, “quem

precisa de mais tempo para a experiência?”). As perguntas retóricas servem para dar ênfase a um aspecto, reforçar uma ideia ou uma afirmação (como “a substância verde nas plantas chama-se clorofila, certo?”). As perguntas fechadas têm como função verificar a retenção de uma informação aprendida anteriormente e situar o raciocínio num ponto específico de um conjunto de ideias comumente aceites (por exemplo, “qual é o símbolo químico da água?”). Por último, as perguntas abertas têm como principais funções: promover um debate ou uma troca de ideias entre alunos, estimular o raciocínio dos alunos e dar liberdade na formulação de hipóteses, na especulação e na partilha de ideias sobre actividades possíveis (tais como “como imaginariam que seria a vida na terra com uma fraca gravidade?”). As perguntas abertas e fechadas podem ainda ser subdivididas em relação ao tipo de raciocínio esperado (Blosser, 1991).

As perguntas fechadas não são necessariamente do tipo de recapitulação de factos onde se espera que os alunos preencham oralmente lacunas com respostas muito curtas. Incluem também aquelas em que se pretende que os alunos classifiquem ou identifiquem semelhanças ou diferenças, apliquem informação previamente aprendida a um novo problema ou formulem um juízo, utilizando os padrões que lhes foram fornecidos. Assim, o nível de pensamento e de raciocínio esperado envolve operações de memória-cognitiva e operações de raciocínio convergente. Ambos os níveis são importantes para os alunos, mas também é importante que a actividade de questionar não se confina às perguntas fechadas.

As perguntas abertas envolvem níveis de pensamento e de raciocínio mais elaborados, na medida em que se espera que os alunos recorram a operações de raciocínio divergente e a operações de raciocínio avaliativo. São perguntas que facultam oportunidades que ajudam os alunos a desenvolver capacidades de adquirir dados e processá-los de modo a obterem uma informação que lhes seja útil. Ao fazer perguntas abertas, o professor faz com que os alunos reflitam sobre as suas próprias ideias, desafiando os mais aptos a considerar a hipótese de caminhos alternativos de interpretação de dados, ou ainda de formulação e testagem de hipóteses adicionais.

Penick et al. (1996) desenvolveram uma estratégia de questionamento com o objectivo de fornecer aos professores mais uma ferramenta para pensar sobre questões e o seu uso num contexto de investigação na aula de Ciências. Uma estratégia desse tipo ajuda o professor a determinar o próximo passo e a verificar o que os alunos já sabem. Por outro lado, também permite que os alunos vejam como é que o professor procede no que respeita à formulação de questões para resolver problemas, revelando a lógica e as estratégias de resolução de problemas vividos pelo próprio professor.

Penick et al. (1996) apresentam uma mnemónica simples para ajudar a recordar uma possível ordem lógica das diferentes categorias de questões: HRASE (*History-*

Relationships- Application- Speculation- Explanation). Este sistema foi concebido principalmente para ser útil ao professor na sala de aula e não consiste num conjunto de categorias mutuamente exclusivas. É uma estratégia prática, não teórica. A ordem das questões numa certa situação deve ser lógica, começando com algumas considerações do aluno e chegando, por fim, a uma profundidade razoável na conversação.

As questões de História relacionam-se com a experiência dos alunos, o que eles fizeram, viveram, viram, ou seja, referem-se a coisas que já aconteceram e foram vividas pessoalmente pelo aluno. Com elas os alunos têm imensas oportunidades para falar e explicar e podem mostrar o que sabem em oposição ao que não sabem. Ao mesmo tempo, o professor mostra que essa informação é necessária e desejável e serve como ponto de partida para a investigação. Embora as perguntas deste tipo sejam relativamente fáceis de responder, requerem mais do que um resposta do tipo “sim” ou “não”. Começando com questões deste tipo, evita-se as perguntas do tipo “porquê?”, e continua-se a estratégia de questionamento numa sequência lógica e agradável.

As questões de Relações solicitam aos alunos que comparem as suas actividades, descobertas ou ideias, com actividades e resultados de outros alunos. A única condição necessária é que o aluno tenha trabalhado com os materiais e observado directamente os procedimentos e resultados. As perguntas deste tipo podem ser um pouco mais abstractas do que as de História, pois a descrição de relações leva ao reconhecimento de padrões, que é o passo principal para atingir a idealização de explicações de fenómenos, em vez de meras descrições. Os alunos que conseguem encontrar relações entre as suas observações e ideias estão no bom caminho para a produção de explicações científicas verdadeiras.

As questões de Aplicação pressupõem uma aplicação do conhecimento, um teste à compreensão. Quando tentamos aplicar o conhecimento, vemos os pontos fracos, estabelecemos novas relações e perspectivamos o conhecimento de novas forma, criando muitas vezes novo conhecimento. As questões de Aplicação requerem muito mais do que as duas categorias de questões anteriores, pois revelam mais sobre a capacidade dos alunos captarem e aprofundarem a compreensão dos conceitos que estão à sua disposição.

A partir das questões de Especulação os alunos podem ir além dos dados e informações fornecidas, abstraindo-se para novas situações. A extrapolação e imaginação de cenários futuros é uma componente da Ciência, tal como a recolha de dados. Ao especular os alunos tornam-se criativos, pois geram informação, alguma da qual susceptível de ser testada. A especulação requer que o aluno compreenda muito bem os fenómenos e não só aquilo que podem observar. Também é importante que haja

um suporte dessa especulação através da evidência, uma parte vital do processo científico.

Por último, as questões de Explicação, surgem numa fase do diálogo em que os alunos são solicitados a fazer o que pode ser a tarefa mais difícil em Ciência: comunicar uma ideia, processo ou teoria, para clarificar, quer a natureza de um fenómeno, quer a forma como ocorre. Para isso, os alunos têm que ter captado de forma excelente os fundamentos relacionados com os conceitos que estão a ser considerados, ver relações, encaixar uma série de peças de acordo com uma ordem, e visualizar uma série de cenários futuros possíveis.

Penick et. al (1996) defendem que, com uma estratégia de questionamento deste tipo, os professores podem criar um ambiente onde os conceitos e ideias pessoais dos alunos estejam disponíveis para serem explorados, analisados e considerados. Questionar um aluno e ouvir atentamente a sua resposta permite ao professor apreciar o que ele pensa e por que razão possui essa ideia particular. Quando o professor conhece o que os alunos pensam, pode actuar de forma a colocá-los perante situações onde o conceito pode ser demonstrado, discutido, questionado, testado e, portanto, explorado. O aluno fica, assim, mais apto a desenvolver ideias congruentes com o pensamento científico vulgar, pois a linguagem precede a lógica. À medida que os indivíduos desenvolvem a capacidade de verbalizar o que pensam sobre um fenómeno, desenvolvem estruturas lógicas, formas de pensamento, que se relacionam com ele. As questões e o pensamento, a acção e as respostas resultantes valorizam grandemente esta capacidade verbal.

Os alunos, ao responderem às perguntas colocadas pelo professor, vão começando a perceber a lógica das perguntas, das suas próprias perguntas e respostas e da própria natureza da Ciência. Penick et al. (1996) defendem que ao usar a estratégia HRASE, o professor consegue moldar uma linha de questões lógica e útil, mas também pode tornar a estratégia visível, instruindo os alunos sobre a sua natureza e utilização. Se todos os alunos conhecerem bem aquela classificação de perguntas, poderão até começar a antecipar as questões do professor. Ao conseguir isso, encontram-se melhores interações professor-alunos e aluno-aluno e muito mais satisfação na sala de aula.

Pelo que foi referido em relação ao tipo de ensino que deve ser implementado nas aulas de ciências, no que diz respeito a estratégias que promovam a aprendizagem significativa de conceitos (tais como o trabalho de laboratório, o uso de questões que apontem para o pensamento do aluno, o recurso a desenhos feitos pelo aluno sobre os conceitos científicos abordados nas aulas, entre outras estratégias), parece óbvio que um programa de ensino de ciência deve, fundamentalmente, centrar-se no aluno. Tal como Fonseca (1992) sugere, um programa desse tipo deve caracterizar-se pela experiência

com objectos, acentuando a percepção para a cognição. O objectivo principal deve ser a procura de relações e significados, por parte do aluno, levando-o à construção, cada vez mais diferenciada de conceitos, numa integração de significados novos e antigos em estruturas de coerência e validade crescentes.

Assim, também a formação de professores deve virar-se para uma perspectiva construtivista, na medida em que o professor, como agente de mudança, deve ter um papel muito mais importante do que o de um mero transmissor de conhecimentos. Torna-se necessário desenvolver todos os esforços possíveis na preparação dos futuros professores, quer a nível da formação inicial, quer a nível da formação contínua (Thomaz, 1990).

A autora acima referida apresenta um modelo construtivista para a formação de professores, concebido para a didáctica da Física, em que os formandos passam por três estádios principais no processo de adopção de uma inovação. O primeiro estádio, denominado “consciencialização”, envolve em primeiro lugar, por parte do formando, a tomada de consciência do seu próprio modelo de ensino, seguindo-se uma discussão de grupo em que tem lugar uma reflexão profunda sobre o ensino, e termina com um conjunto de aulas em que os formandos são confortados com modelos de ensino alternativos aos previamente identificados. O segundo estádio do modelo, designado por “interesse”, envolve discussões e reflexões em grupo, onde os formandos podem identificar, com base na experiência adquirida no estádio anterior, objectivos para o ensino das ciências à luz duma perspectiva construtivista, seguindo-se uma clarificação de cada termo usado e, por fim, uma reflexão sobre as implicações desses objectivos nas actuações da sala de aula. O terceiro e último estádio do modelo chama-se “experimentação” e envolve, para cada formando, a realização de vários ciclos de “investigação em acção” (ou seja, a investigação activa de um profissional sobre a sua própria acção), sendo cada ciclo composto por quatro fases: planeamento, acção, observação e reflexão/ avaliação.

Dois dos aspectos que Thomaz (1990) considera extremamente importantes na formação de professores que perfilham uma perspectiva construtivista do ensino e aprendizagem de ciências são, por um lado, as dificuldades manifestadas por alguns professores na compreensão de conceitos básicos, revelando conservar ideias intuitivas idênticas às que se encontram nos alunos antes do ensino formal, o que lhes provoca uma falta de confiança no seu conhecimento científico e lhes dificulta a abordagem construtivista. Por outro lado, se com o ensino das ciências, a nível da escolaridade obrigatória, se pretender desenvolver nos alunos capacidades e atitudes científicas, então os próprios professores também têm que ter, eles próprios, esses atributos bem desenvolvidos.

Stenhouse (1980) defende o conceito de professor investigador do seu próprio ensino, isto é, o professor que explora estratégias de reflexão/acção para reflectir criticamente sobre o seu próprio ensino e que usa essa reflexão crítica num projecto de mudança de modo a melhorar as suas próprias práticas. Dessa forma, a pesquisa é apreendida por referência às próprias práticas de ensino com o objectivo de as fazer evoluir e transformar no sentido de inovação desejado; trata-se, portanto, de usar a formação como um processo de pesquisa em que a produção de conhecimentos é reinvestida no aperfeiçoamento de estratégias inovadoras de ensino das Ciências (Canário, 1991).

Na opinião de Cachapuz (1995) esta articulação entre investigação/ formação/ ensino é mais rica no estudo de contextos educacionais complexos, tal como uma sala de aula, do que o modelo de investigação didáctica dominante, do tipo investigação/ desenvolvimento/ difusão. De acordo com este último modelo a teoria determina a prática, embora estejam desligadas no tempo e no espaço. Além disso, é o investigador quem controla a maior parte do conhecimento, pois é ele que escolhe as questões de investigação, as metodologias de trabalho e as condições e critérios de realização. Neste sentido, ao professor, como agente de mediatização, cabe o papel de consumidor desse conhecimento e de levar à prática o conhecimento teórico.

Os professores de Ciências devem ter à sua disposição mais meios e formação que os encoraje a tornarem-se mais conscientes das suas próprias práticas, críticos dessas práticas e preparados para as mudarem se necessário. Estas condições são essenciais para que tenha lugar a inovação no ensino das Ciências. A reflexão/acção sobre o nosso próprio ensino significa estar disponível para a mudança, ter uma visão inovadora do trabalho do professor e da escola (Cachapuz, 1995).

Tem vindo a tornar-se progressivamente mais claro que para uma educação em ciências com sucesso, é crucial que se faça uma excelente preparação inicial e contínua dos professores daquelas disciplinas. De acordo com Dana, Lunetta, Fonseca & Campbell (1998) tem-se vindo a estimular, a nível internacional, uma mudança de paradigma em relação ao que se pensa ser a forma mais adequada de preparar novos professores de ciências e de apoiar a formação contínua dos que já se encontram em exercício. No paradigma que agora emerge, preparar um professor de ciências significa muito mais do que apresentar novas formas de ensinar ciências. Pelo contrário, uma formação de professor que se quer significativa deve incluir uma boa compreensão conceptual em ciências e uma transformação de perspectiva sobre a aprendizagem da ciência, que passa a ser vista como processando-se ao longo de toda a vida profissional.

Um ensino das ciências que conduza à aprendizagem caracterizada pela compreensão, requer que os professores sejam conhecedores dos conteúdos das teorias

de aprendizagem e da psicologia da criança e da adolescência, bem como das alternativas pedagógicas e de avaliação, e, ainda, detenham conhecimento científico conceptual e processual. Além disso, os professores têm que ser capazes de aplicar o seu conhecimento das psicologias do desenvolvimento, cognitiva e social, para conduzirem os seus alunos na construção eficaz do conhecimento científico (Dana et al., 1998). O desafio que se coloca aos formadores de professores é, de acordo com Tobin (1995, cit. in Dana et al., 1998), o de desenvolver programas de formação inicial e contínua, que habilitem os professores a aprender o que necessitam para serem capazes de melhorar a aprendizagem dos alunos.

De acordo com Dana et al. (1998), um modelo mais produtivo de formação de professores é aquele em que os professores são vistos como alunos que se auto-educam e inter-educam. As actividades de formação de professores visam ajudar os professores a envolverem-se no seu crescimento profissional através do qual constroem conhecimento ligado à prática, útil e significativa, sobre o ensino e a aprendizagem em ciências. O novo paradigma de formação baseia-se em três constructos fundamentais, que têm emergido nos últimos anos: construtivismo, reflexão e comunidade profissional.

A perspectiva construtivista da aprendizagem da ciência reconhece que o conhecimento científico não é algo possuído pelo professor para ser transferido ao aluno, mas sim um conhecimento construído pelo aluno a fim de dar sentido às suas interacções com o mundo que o rodeia. Ao considerar os professores como alunos que continuamente constroem o seu próprio conhecimento de ciência e pedagogia, a formação de professores pode tornar-se uma actividade que apoia os professores na construção e reconstrução das estruturas de conhecimento sobre o ensino e a aprendizagem. À luz da pedagogia reflexiva, cada professor é encorajado, através de diversas estratégias, a desenvolver uma compreensão crítica das suas próprias concepções de como os alunos aprendem ciências e do grau de adequação das várias estratégias. Um processo de reflexão que leve à autocompreensão das suas práticas, quando acompanhado do desenvolvimento de um plano de acção para resolver eventuais ambiguidades, constitui uma parte muito importante de um modelo para melhorar as práticas lectivas nos ensinos básico e secundário. Para facilitar a reflexão sobre o ensino das ciências e sobre formas de melhorar esse mesmo ensino, é necessário um modelo de comunidade de desenvolvimento profissional. Só assim, se oferece aos professores dos ensinos básico e secundário, gestores e directores, e professores do ensino superior, oportunidades para desafiar velhas ideias sobre o ensino e a aprendizagem em ciências e de considerarem novas alternativas, potencialmente mais eficazes, no contexto da sala de aula e da prática lectiva reais.

CAPÍTULO III METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada na investigação, de acordo com os objectivos gerais definidos no Capítulo I, os quais recordamos brevemente nesta fase do trabalho.

Assim, pretende-se principalmente conhecer que concepções são evidenciadas por alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar” e estudar em que medida algumas acções implementadas pelo professor (tais como o questionamento, o trabalho experimental, a representação escrita e esquemática do conhecimento, entre outras) podem levar ao abandono, por parte do aluno, das suas concepções alternativas e promover uma efectiva mudança conceptual. Para dar cumprimento a estes objectivos, pretende-se também desenvolver materiais e actividades didácticas para o ensino do tópico acima referido, construir instrumentos de medida para a análise, quer das concepções dos alunos, quer das acções do professor, e ainda conduzir sessões de formação de observadores que darão o seu contributo na análise do tipo de questionamento do professor.

De seguida, é feita a caracterização da população e amostra, bem como dos procedimentos, onde se descreve o planeamento e desenvolvimento do estudo, incluindo o processo de construção e administração dos instrumentos para análise das concepções. Por fim, procede-se a uma breve descrição do procedimento de análise dos efeitos do ensino sobre as concepções dos alunos, onde se referem as acções desenvolvidas e os instrumentos construídos para proceder a essa análise.

3.1. Caracterização da população e amostra

Uma vez que o estudo inclui objectivos a dois níveis - o da identificação de concepções e sua mudança e o da observação do professor e relação entre acções deste e a aprendizagem dos alunos - temos duas amostras a considerar. No que respeita ao primeiro grande objectivo, optou-se por considerar nesta investigação uma população formada por alunos do 5º ano de escolaridade, de ambos os sexos, do ensino básico oficial diurno. A escolha deste ano de escolaridade prende-se com o facto de ser a primeira vez que os alunos (que não estão a repetir o 5º ano) contactam com uma disciplina específica de Ciências da Natureza, na qual existe uma unidade de ensino intitulada «O ar e a sua importância para os seres vivos», onde se insere o tópico escolhido para esta investigação: “Estrutura e propriedades do ar”.

Houve uma fase prévia de preparação da amostra, que consistiu na própria constituição dos grupos a estudar. Assim, foram constituídas especificamente para este estudo, duas turmas que possuíssem, tanto quanto possível, características muito semelhantes relativamente ao número total de alunos, número de rapazes e de raparigas, média de idades e número de alunos retidos (repetentes). A selecção das duas turmas teve, assim, em consideração o facto de pertencerem ao 5º ano de escolaridade, bem como o facto de possuírem características globais semelhantes, e ainda um terceiro factor: o professor de Ciências da Natureza teria de ser comum àquelas turmas, por não se pretender nesta investigação estudar a influência da variável “professor” na mudança conceptual do aluno.

Optou-se assim por considerar uma amostra constituída por duas turmas do 5º ano de escolaridade de uma Escola do Ensino Básico do 2º e 3º ciclos urbana do litoral do Algarve. A partir desta fase do trabalho as turmas vão ser designadas, respectivamente, por Grupo PA e Grupo PF, a fim de se manter a confidencialidade dos alunos que as constituem.

A amostra compreende um total de 59 alunos (30 masculinos e 29 femininos), que se distribuem de acordo com o quadro seguinte:

Quadro 3.1. Distribuição dos sujeitos por sexo, idade e número de reprovações

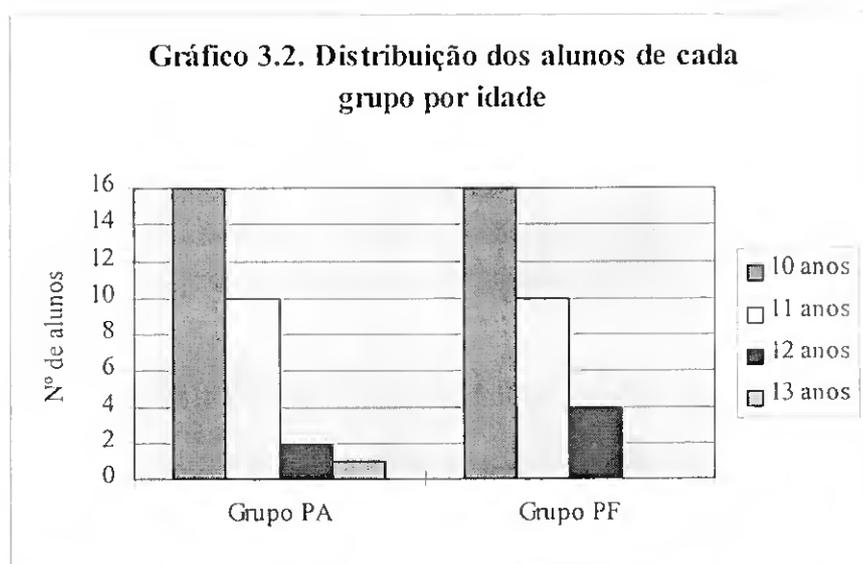
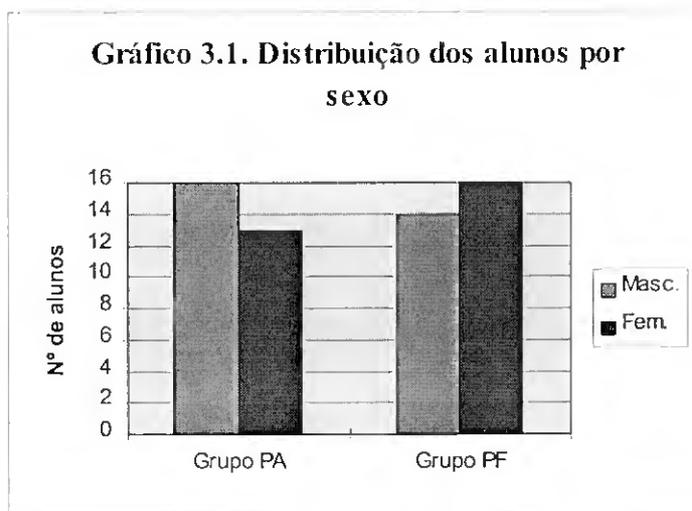
	Número de alunos	Sexo		Idade (anos)				Reprovações		
		Masc.	Fem.	10	11	12	13	0	1	2
Grupo PA	29	16	13	16	10	2	1	26	2	1
Grupo PF	30	14	16	16	10	4	0	28	2	0
Totais	59	30	29	32	20	6	1	54	4	1

A análise do quadro anterior permite observar que os grupos têm um número total de alunos muito aproximado (29 e 30) e que o mesmo acontece em relação ao número total de rapazes e de raparigas da amostra (30 e 29, respectivamente).

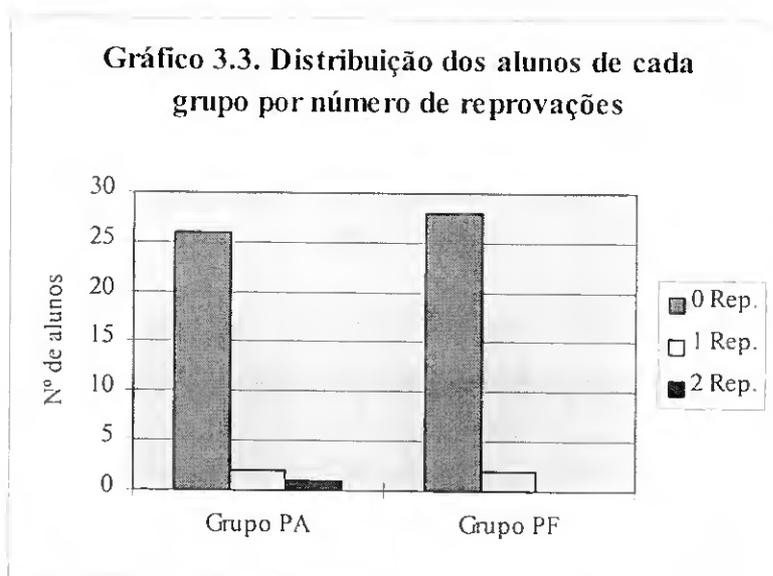
Pela análise do quadro 3.1. verifica-se também que no Grupo PA predominam os elementos do sexo masculino (55%) em relação aos do sexo feminino (45%), enquanto que no Grupo PF acontece a situação inversa (47% masculinos e 53% femininos).

No que diz respeito às idades dos alunos, observa-se que abundam os alunos de 10 e 11 anos e que existem também alguns elementos com 12 anos em ambos os grupos,

o que se traduz numa idade média aproximada dos 11 anos, tanto para o Grupo PA, como para o Grupo PF.



Quanto ao número de repetências, verifica-se que no Grupo PA são 26 os alunos que estão pela primeira vez no 5º ano de escolaridade, o que representa 89,7% do grupo. No Grupo PF há 28 alunos nessas condições, ou seja, 93,3% dos elementos do grupo.



No que concerne ao objectivo de investigação que diz respeito ao estudo da relação entre algumas estratégias utilizadas pelo professor de Ciências e a aprendizagem do aluno o sujeito a observar é o professor.

Quadro 3.2. Caracterização do professor observado

Sexo	Feminino
Idade	29 anos
Tempo de serviço (anos)	7 anos
Tipo de profissionalização	Estágio Integrado
Tempo de serviço após a profissionalização	7 anos
Categoria profissional	Professora do Quadro de Nomeação Definitiva

Por fazer parte do quadro de nomeação definitiva da escola a que pertencem as turmas seleccionadas, foi a autora quem assumiu o papel de professora de ambas as turmas. Além disso, esta professora possuía à partida alguns fundamentos teóricos relacionados com o tema do estudo, sem os quais não seria possível prosseguir com a investigação.

3.2. Procedimento

3.2.1. O planeamento do estudo

3.2.1.1. Preparação do ensino e dos recursos e condições necessárias

Antes do início do ano lectivo de 1996/97, a professora e autora do presente trabalho de investigação contactou pessoalmente o Conselho Directivo da Escola E.B. 2,3 onde lecciona, e na qual se realizou o estudo, no sentido de pedir autorização para fazer parte da equipa de professores que iria distribuir os alunos matriculados no 5º ano pelas várias turmas. Tendo obtido resposta positiva ao seu pedido, tratou de informar os restantes elementos da equipa (três professoras do quadro de nomeação definitiva daquela escola) dos seus objectivos, para que fosse possível assim construir duas turmas com características aproximadas, tal como foi descrito anteriormente.

Após ter sido concluída a formação das turmas, a professora-investigadora contactou novamente o Conselho Directivo a fim de solicitar que as duas turmas seleccionadas fossem incluídas no seu horário, na disciplina de Ciências da Natureza. Este pedido foi também plenamente satisfeito.

Durante o 1º e 2º períodos do ano lectivo de 1996/97 a professora foi estabelecendo contacto e um conhecimento cada vez maior dos elementos das turmas. A recolha de dados propriamente dita teve início no final do 2º período e prolongou-se até ao término do ano lectivo.

A recolha de dados começou pela administração de um questionário a todos os alunos de ambos os grupos, anteriormente ao ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”, para identificação das concepções evidenciadas sobre temas relacionados com esse tópico. A partir da análise dos dados recolhidos com o questionário foram seleccionados 6 alunos de cada grupo, a fim de se realizar uma entrevista individual a cada um deles. As entrevistas serviram para obter um conhecimento mais profundo sobre as concepções alternativas dos alunos. Esta fase (questionário e entrevista) pode ser designada por “Pré-teste”.

Concluído o “Pré-teste” deu-se início ao ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”. Procedeu-se simultaneamente à gravação audio de seis aulas dadas a cada grupo, para tornar possível a observação e análise detalhada do comportamento verbal do professor, com especial incidência no tipo de perguntas formuladas e noutros aspectos da interacção mantida com os alunos. No que respeita ao ensino, podemos atribuir a esta segunda fase do estudo, a designação “Tratamento”.

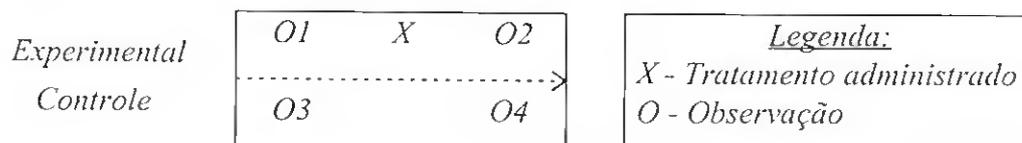
Finalmente, procedeu-se a nova administração de um questionário (idêntico ao primeiro) a todos os alunos de ambos os grupos e foram realizadas, mais uma vez, entrevistas aos que haviam sido inquiridos na fase “Pré-teste”. Esta última etapa do estudo pode designar-se por “Pós-teste”.

A observação do professor foi efectuada por dois observadores exteriores, formados pela investigadora.

Desenvolvendo o trabalho de campo como acima se descreveu, foi possível recolher dados sobre as concepções evidenciadas pelos alunos antes e após o ensino e, assim, estabelecer uma comparação entre a fase “Pré-teste” e “Pós-teste”. Também se recolheram dados sobre as estratégias postas em prática pela professora (o uso de trabalho experimental em combinação com as duas diferentes estratégias de questionamento, o pedido de representação gráfica, por parte do aluno, das suas ideias).

Segundo o que acabou de ser descrito, podemos afirmar que, no que respeita à identificação de concepções alternativas e mudança conceptual, o estudo obedeceu a um plano “quase-experimental”, também designado por “plano com grupo de controle não equivalente” (Jesuino, 1986; Cohen e Manion, 1994), que pode traduzir-se pelo seguinte esquema:

Figura 3.1. Esquema do plano a que obedeceu o estudo quase-experimental



Este tipo de plano, apesar de recorrer a um grupo experimental e a um grupo de controle, não pode ser considerado um plano experimental porque os sujeitos (alunos) não foram distribuídos aleatoriamente pelos grupos (turmas). Pelo contrário, o trabalho desenvolveu-se com grupos reais, formados por emparelhamento. Além disso, a experimentação foi feita no terreno (sala de aula). Quando a randomização não é possível, como é o caso de duas turmas escolares, é aconselhável a utilização de amostras pertencentes à mesma população e que sejam o mais parecidas possível (Cohen e Manion, 1994).

Trata-se, portanto, de um plano quase-experimental, que pode ser utilizado e é recomendável em situações onde não se dispõe de melhores meios. Compreende um grupo experimental e um grupo de controle, ambos submetidos a um pré-teste e a um pós-teste. Os grupos não são equivalentes por não serem formados através da

amostragem por randomização (Jesuino, 1986). A linha a tracejado do esquema (figura 3.1.) representa exactamente a não-equivalência entre os grupos.

No estudo em causa, *O1* e *O3* representam a primeira fase de administração do questionário e realização de entrevistas (Pré-teste) e *O2* e *O4* representam a fase Pós-teste. *O1* e *O2* são observações efectuadas ao grupo experimental, isto é, sujeito ao “Tratamento” e *O3* e *O4* são observações realizadas ao grupo de controle, ou seja, não sujeito ao “Tratamento”. O grupo experimental equivale ao Grupo PA, tal como foi descrito na apresentação da amostra, e o grupo de controle corresponde ao Grupo PF da amostra.

Resta explicar em que consiste o “Tratamento” (*X*): a professora-investigadora leccionou seis aulas a cada um dos grupos. Os temas tratados e as estratégias utilizadas nas aulas com o grupo experimental e com o grupo de controle foram os mesmos, havendo apenas uma diferença em relação à estratégia de questionamento implementada em cada grupo. Nas aulas com o grupo experimental a professora procurou utilizar muitas perguntas, incidindo especialmente nas perguntas abertas. Com o outro grupo (grupo de controle) também tentou formular muitas perguntas, mas recorrendo menos vezes às perguntas abertas. Todas as aulas (no total, 12) foram gravadas em registo áudio, para que fosse possível proceder à observação e análise cuidada e precisa dos comportamentos verbais da professora, especialmente do tipo de perguntas utilizadas.

O desenho da investigação pode ser esquematizado de acordo com a figura 3.2., constante na página seguinte. Seguidamente serão descritos pormenorizadamente as técnicas e os instrumentos utilizados para a recolha de dados, assim como o procedimento utilizado para a respectiva análise.

3.2.1.2. Desenvolvimento de instrumentos de medida para análise das concepções dos alunos

• Questionário

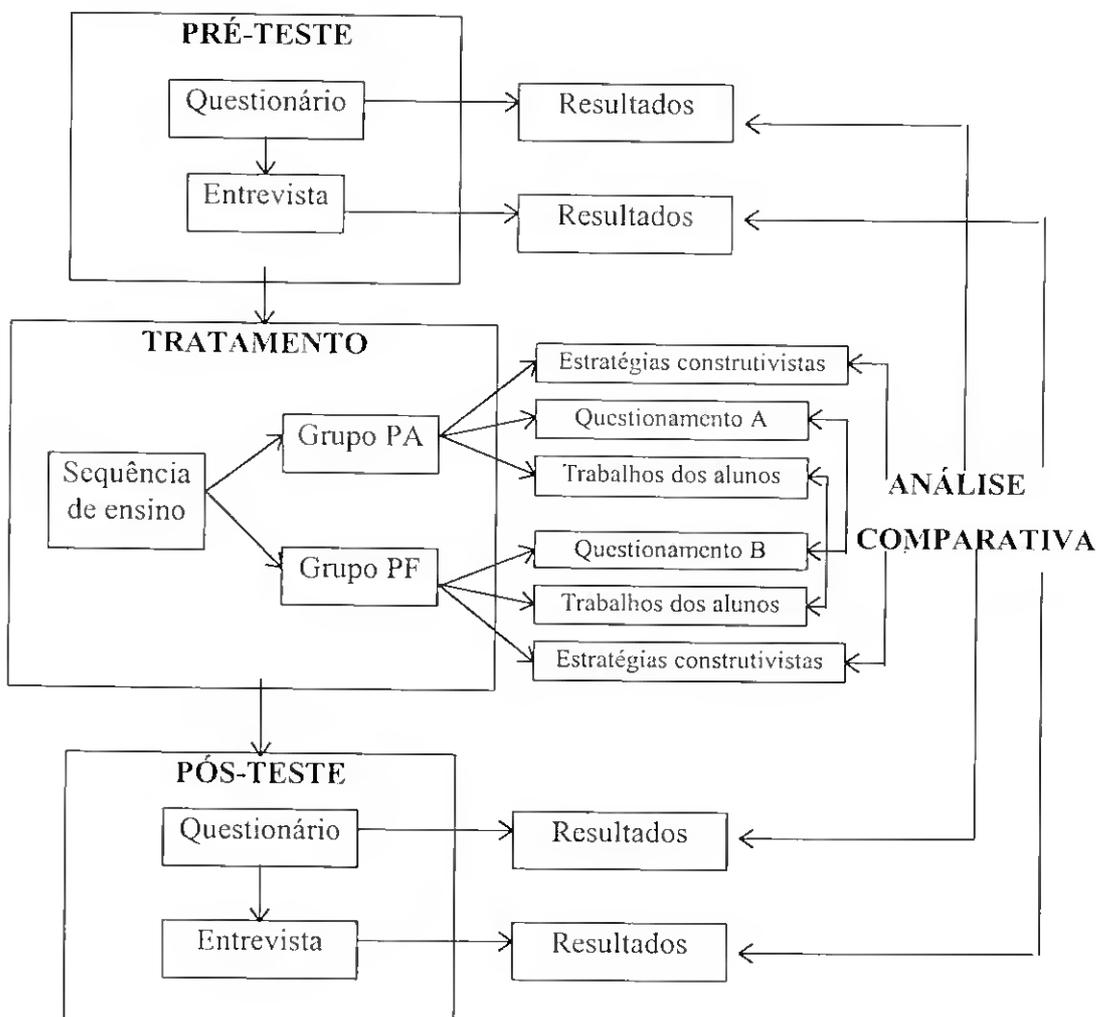
Foi construído um questionário que tem por objectivo: conhecer as concepções evidenciadas por alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”; e estudar em que medida as concepções alternativas dos alunos são modificadas em função da metodologia adoptada pelo professor de Ciências. O questionário foi construído com base em sugestões apresentadas por: Benson et al. (1993), de Berg (1992), Cristo e Galhardo (1996), Duarte (1993), Liem (1987), Novick e Nussbaum (1978), Schneider et al. (1990), Séré (1986) e Walpole (1991).

Antes da administração do questionário, houve uma fase prévia correspondente a um pequeno estudo piloto, com o qual se pretendeu principalmente:

- Testar a adequabilidade do instrumento, verificando se as questões propostas seriam de fácil compreensão para os alunos, se o tempo destinado para a sua execução (uma aula de 50 minutos) seria suficiente e se as questões teriam pertinência;
- Treinar o modo de administração do questionário;
- Treinar a análise das respostas dadas.

O estudo piloto foi executado com uma terceira turma do 5º ano de escolaridade, cuja professora de Ciências da Natureza era também a professora-investigadora. Essa turma era constituída por 17 alunos de ambos os sexos (8 rapazes e 9 raparigas), com uma idade média igual a 10.8 anos e continha uma aluna repetente.

Figura 3.2. Desenho da investigação



A testagem do questionário foi de grande importância, uma vez que o instrumento, na sua versão definitiva, teria de ser capaz de produzir informação adequada aos objectivos delineados. A primeira versão do questionário continha perguntas com diferentes objectivos, formuladas com o máximo de precisão e de forma que fossem interpretadas da mesma maneira por todos os inquiridos.

Após a administração, recolha e análise dos resultados obtidos com a primeira versão do questionário foram efectuadas todas as reformulações, para que as perguntas fossem bem compreendidas por todos os alunos e as respostas correspondessem, efectivamente, às informações procuradas. Além disso, foram introduzidas outras perguntas, sugeridas pelas respostas dadas na primeira versão do questionário.

Efectuadas todas as alterações ao instrumento, deu-se início à fase “pré-teste” do trabalho de campo propriamente dito, administrando-se o questionário aos grupos PA e PF. Na fase “pós-teste”, o mesmo questionário voltou a ser preenchido por ambos os grupos, para permitir comparar os resultados antes e após o ensino do tópico. O procedimento de distribuição, preenchimento e recolha do questionário foi idêntico nas duas fases, pelo que só vai ser descrito uma vez. A versão definitiva encontra-se no Anexo nº 1.

Para o preenchimento do questionário foi escolhida uma aula de Ciências da Natureza (de 50 minutos) com o Grupo PA e outra com o Grupo PF. Essas aulas tiveram lugar no mesmo dia e em horas seguidas.

No início das aulas destinadas à administração do questionário houve uma breve introdução, por parte da professora, onde se referiram alguns pontos importantes, tais como: que o questionário faz parte de um projecto desenhado para melhorar o ensino e a aprendizagem das Ciências e que toda a informação recolhida seria usada apenas para a investigação, o que não afectaria as classificações dos alunos na disciplina. Referiu-se ainda que não existem respostas “certas” nem “erradas”, interessando apenas a visão de cada aluno sobre o conceito em questão, desde que faça sentido para si próprio.

Da análise dos dados recolhidos no estudo piloto, resultou um questionário que, na sua versão definitiva, se divide em nove partes, designadas por “actividades”.

Cada uma das nove actividades que compõem o questionário foi apresentada separadamente, isto é, os alunos só podiam realizar a segunda actividade, após terem feito e entregue a primeira. Para que todos respondessem em simultâneo, a folha correspondente a cada actividade era colocada em cima da mesa, com o enunciado voltado para baixo. Os alunos só podiam virar a folha depois da mesma ter sido

distribuída a todos. Em cada página teriam de colocar um número-código de identificação, que se manteria ao longo de todo o questionário.

As perguntas exigem, na sua maioria, uma resposta curta, para permitir estabelecer uma comparação entre o grupo A e o grupo B, no que diz respeito às respostas dadas e, também, observar a relação entre os resultados obtidos em cada um dos grupos na fase “pré-teste” e “pós-teste”. Em sete das nove actividades, o tipo de resposta é de escolha múltipla, existindo sempre a opção “não sei”, para aqueles alunos que não conseguirem efectivamente dar uma resposta concreta. Na sexta, oitava e nona actividades aparece ainda a opção “tenho outra ideia”, a fim de possibilitar que o aluno responda livremente sempre que não concordar com nenhuma das opções apresentadas. No caso de assinalar esta opção, o aluno terá de explicar melhor qual é a sua ideia, escrevendo-a.

Descreve-se, em seguida, cada uma das nove partes que constituem o questionário, designadas por actividades.

1ª Actividade

Tempo de realização: cerca de 3 minutos.

Objectivo: Recolher dados sobre o modo como os alunos reconhecem a presença do ar.

Procedimento: Coloca-se sobre uma mesa (num local visível por todos), uma garrafa de vidro transparente sem a respectiva tampa. Em seguida, distribui-se por todos os alunos a página do questionário respeitante a esta primeira actividade, onde se apresenta uma figura da garrafa colocada em cima da mesa e se pede que a observem com atenção. No questionário refere-se ainda que a garrafa está aberta. Em seguida, formula-se uma pergunta: «Há alguma coisa dentro da garrafa?», tendo o aluno que assinalar com uma cruz a opção que lhe parece mais correcta, de entre as três que lhe são apresentadas («Sim», «Não» ou «Não sei»). No caso de responder afirmativamente, deverá responder a uma segunda questão: «Se respondeste sim, o que pensas que há dentro da garrafa?», escrevendo, pelas suas próprias palavras, qual será o conteúdo da garrafa.

2ª Actividade

Tempo de realização: cerca de 10 minutos.

Objectivo: Recolher dados sobre as preconcepções dos alunos acerca da natureza e estrutura do ar.

Procedimento: Coloca-se em cima da mesa um frasco de vidro, solicitando-se ao aluno que o observe atentamente. Refere-se que o frasco está “cheio” de ar e que se

encontra perfeitamente tapado. Pede-se ainda que imagine que tem uma “lupa mágica” que permite “ver o invisível” com uma grande ampliação. Colocam-se então duas questões:

1. «Faz um desenho, no interior do esquema representativo do frasco, que mostre qual o aspecto que tem para ti o ar que está dentro do frasco».

2. «Observa outro frasco, semelhante ao anterior, mas de onde se retirou “metade” do ar. Representa, no interior do esquema seguinte, o aspecto do ar nesta situação».

Para que o aluno possa responder, apresentam-se dois desenhos do frasco no enunciado do questionário, após cada uma das perguntas anteriores.

3ª Actividade

Tempo de realização: cerca de 5 minutos.

Objectivos: Verificar se os alunos conseguem seleccionar o melhor e o pior desenhos representativos do ar, de entre um conjunto de 12 diferentes; recolher dados sobre a percepção que os alunos têm de que o ar é composto por partículas pequeníssimas que se distribuem igualmente por todo o recipiente, e de que entre essas partículas existem espaços vazios; verificar se os alunos mudam de opinião em relação à actividade anterior.

Procedimento: Pede-se no enunciado que o aluno observe 12 esquemas desenhados hipoteticamente por outros alunos, os quais pretendem representar o aspecto do ar no frasco “cheio” de ar e no frasco com “algum” ar “vistos” com a ajuda de uma “lupa mágica”. Apresentam-se em seguida os 12 esquemas e colocam-se duas perguntas:

1. «Dos desenhos 1 a 12, qual é, na tua opinião, a melhor representação do ar antes e depois de algum ter sido removido?».

2. «Dos desenhos 1 a 12, qual é na tua opinião, a pior representação do ar antes e depois de algum ter sido removido?».

4ª Actividade:

Tempo de realização: cerca de 6 minutos.

Objectivo: Saber o que pensam os alunos que acontece a uma certa quantidade de ar quando se faz variar o seu volume.

Procedimento: Pede-se aos alunos que observem atentamente uma demonstração feita pela professora na sala de aula, num local visível por todos. A demonstração consiste numa actividade muito simples: segurando numa seringa grande (com uma capacidade de 100 ml), puxa-se o êmbolo de forma a introduzir cerca de 50 ml de ar na

seringa; em seguida, empurra-se no sentido contrário, tapando perfeitamente com o dedo indicador da outra mão o orifício que fica na extremidade da seringa, de forma a impedir que o ar saia. Desta forma, é possível comprimir o ar inicial, ficando o mesmo a ocupar um volume equivalente a cerca de 25 ml. Em seguida, distribui-se pela turma a folha com o enunciado correspondente a esta actividade, onde se pede ao aluno que observe duas figuras que esquematizam as fases inicial e final da experiência acabada de realizar. Apresenta-se então a frase «Na fase final da experiência existe no interior da seringa...», que os alunos têm de completar escolhendo a opção que lhes parece mais correcta, de entre as seguintes: «...mais ar do que na fase inicial»; «...menos ar do que na fase inicial»; «...a mesma quantidade de ar que na fase inicial»; ou «não sei».

5ª Actividade

Tempo de realização: cerca de 4 minutos.

Objectivo: Recolher dados sobre a ideia que os alunos têm acerca de uma outra propriedade do ar: o peso.

Procedimento: Apresenta-se no enunciado um esquema de uma balança em equilíbrio, construída com dois balões iguais e um lápis. Refere-se também que, posteriormente, se retirou um dos balões, para se encher com ar, o qual se voltou a suspender na balança. Pergunta-se, então: «Qual das situações representadas nas figuras A, B e C te parece representar a observação dessa experiência?», apresentando-se seguidamente as figuras A, B e C, onde estão esquematizadas três balanças diferentes: a primeira não está equilibrada (o balão vazio desceu em relação ao balão cheio de ar); a segunda encontra-se em equilíbrio; e a terceira representa a situação inversa da primeira. Os alunos respondem assinalando com uma cruz uma das opções: «Situação A», «Situação B», «Situação C», ou «Não sei».

6ª Actividade

Tempo de realização: cerca de 6 minutos.

Objectivo: Recolher dados acerca das ideias dos alunos sobre o facto do ar possuir massa e exercer força em todas as direcções.

Procedimento: A professora realiza, em local visível por todos, a seguinte demonstração: por meio de sucção introduz uma certa quantidade de água numa pipeta e impede que essa água volte a sair, tapando o orifício superior com um dedo. Após alguns segundos, retira o dedo, permitindo que toda a água caia. Em seguida, é distribuído pela turma o enunciado respeitante a esta actividade, onde se pede ao aluno que observe atentamente um esquema representativo das fases inicial e final da experiência acabada de realizar e que responda à pergunta «Porque será preciso destapar

o orifício superior da pipeta para que a água saia?», tendo o aluno de assinalar com uma cruz uma das opções apresentadas: «Para deixar que a água saia mais rapidamente»; «Para deixar que o ar entre pelo orifício superior enquanto a água sai pelo outro»; «Para deixar o ar entrar na pipeta antes da água sair»; ou «Não sei»; ou ainda «Tenho outra ideia:...».

7ª Actividade:

Tempo de realização: cerca de 4 minutos.

Objectivo: Saber que concepções possuem os alunos sobre a combustão e sobre uma das propriedades de um dos constituintes do ar - o facto do oxigénio ser comburente.

Procedimento: Mostra-se no enunciado correspondente a esta actividade, um esquema com três velas exactamente do mesmo tamanho, as quais foram colocadas em caixas diferentes: a caixa A é grande e está fechada; a caixa B é pequena e também está fechada; e a caixa C está aberta. Refere-se ainda que as três velas foram acesas ao mesmo tempo. O aluno tem, então, que responder à pergunta: «Qual a ordem por que se apagam as velas?», assinalando com uma cruz a opção que lhe parece correcta ou «Não sei».

8ª Actividade:

Tempo de realização: cerca de 5 minutos.

Objectivo: Conhecer as ideias que os alunos possuem sobre o que acontece a uma certa quantidade de ar quando é aquecido.

Procedimento: Explica-se no enunciado desta actividade que se colocou um balão de borracha a cobrir a boca de uma garrafa de vidro. A garrafa foi depois aquecida, colocando-a dentro de uma tina de água quente e, passado algum tempo, o balão de borracha aumentou de tamanho. Apresenta-se em seguida um esquema com as fases inicial e final dessa experiência e pede-se ao aluno que complete a frase «Na fase final da experiência, o balão aumentou de tamanho porque...», utilizando uma das opções possíveis: «...o ar que estava no interior da garrafa “cspalhou-se” e entrou no balão»; «...o ar que estava no interior da garrafa ficou mais “apertado”»; «...a quantidade de ar no interior da garrafa aumentou»; «...o tamanho da garrafa diminuiu»; «Não sei» ou «Tenho outra ideia:...».

9ª Actividade:

Tempo de realização: cerca de 5 minutos.

Objectivo: Conhecer as ideias dos alunos em relação à pressão atmosférica e à força exercida pelo ar numa situação de equilíbrio.

Procedimento: Fixa-se numa das paredes da sala de aula, em local visível por todos, um objecto de borracha que podemos designar por ventosa (semelhante ao que utilizamos na cozinha para pendurarmos os panos). No enunciado referente a esta actividade pede-se ao aluno que observe uma figura representativa da ventosa que se encontra fixa na parede da sala de aula e que escolha a opção que, na sua opinião, melhor completa a frase «A ventosa fica segura na parede porque...». As opções possíveis são as seguintes: «...existe ar no exterior da ventosa, e pouco ou nenhum ar entre a parede e a ventosa»; «...a borracha da ventosa cola à parede»; «...a ventosa é “puxada” pela parede»; «...não existe ar no exterior da ventosa e existe ar entre a parede e a ventosa»; «...a parede é “puxada” pela ventosa»; «Não sei» ou «Tenho outra ideia:...».

• *Entrevista*

A entrevista foi utilizada como segunda técnica de recolha de dados relacionados com as concepções evidenciadas pelos alunos sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”. Optou-se por uma entrevista semi-estruturada, pois é uma técnica em que o entrevistador conhece todos os temas sobre os quais pretende obter reacções por parte do entrevistado, embora a ordem como os conduz seja deixada ao seu critério (Ghiglione & Matalon, 1993).

Através da entrevista pretendia-se obter dados mais concretos sobre as concepções alternativas dos alunos, nomeadamente sobre conceitos específicos do tópico “Estrutura e propriedades do ar”, e sobre o modo como esses conceitos são construídos. Assim, a entrevista prestou uma ajuda muito útil, no sentido de compreender como os alunos entendem os conceitos relacionados com o ar, bem como a maneira como reflectem sobre o seu próprio conhecimento nessa área. Do ponto de vista da professora (e entrevistadora), a compreensão das concepções alternativas constituiu um importante passo inicial no planeamento de uma sequência de ensino que pudesse ajudar os alunos a aproximarem-se de concepções científicas mais apropriadas.

Passou-se à elaboração de um protocolo de entrevista, o qual deveria ser flexível, a ponto de permitir que, no decurso da conversação, fosse possível aprofundar algumas questões colocadas e também introduzir outras perguntas de modo a possibilitar a livre expressão de ideias do entrevistado, sem prejuízo dos objectivos propostos. Partindo da análise dos questionários, foram identificados alguns conceitos científicos fundamentais, acerca dos quais seria importante estudar as ideias dos alunos. Em

seguida, elaborou-se um mapa conceptual relacionado com cada um desses conceitos e prepararam-se algumas perguntas a fazer aos alunos.

O protocolo de entrevista foi construído de acordo com as instruções de Osborne e Freyberg (1985), recorrendo-se a materiais de manipulação, sempre que necessário. A fim de se obter a máxima informação possível sobre a concepção do aluno, pediu-se, sempre que se julgou apropriado, que o aluno elaborasse o que ía dizendo, solicitando-lhe que apresentasse uma justificação ou interpretação. Pediu-se também a cada aluno que desenhasse um esquema ilustrativo, quando necessário.

De acordo com estes pressupostos, realizaram-se 12 entrevistas individuais (a 6 alunos do grupo PA e 6 do grupo PF). Os entrevistados foram seleccionados de entre o conjunto de alunos que apresentaram um maior número de concepções alternativas nas respostas dadas ao questionário na fase “pré-teste”. Procurou-se ainda que existisse um certo equilíbrio no que concerne ao número de alunos de cada sexo. No quadro seguinte apresenta-se uma breve caracterização dos alunos seleccionados para a realização da entrevista, de acordo com o grupo, o sexo, a idade, o número de reprovações e ainda a pontuação obtida no questionário realizado na fase pré-teste. Esta pontuação é tanto mais baixa quanto o menor número de concepções correctas evidenciadas nas respostas ao questionário e varia entre 2 e 11 pontos.

Quadro 3.2. Distribuição dos alunos entrevistados por grupo, sexo, idade, número de reprovações e pontuação obtida no questionário (“pré-teste”)

	Sexo		Idade (anos)			Reprovações		Pontuação obtida no questionário		
	Masc.	Fem.	10	11	12	0	1	2 p.	3 p.	4 p.
Grupo PA	3	3	3	2	1	5	1	3	2	1
Grupo PF	3	3	4	2	0	6	0	3	2	1
Totais	6	6	7	4	1	11	1	6	4	2

A análise do quadro anterior permite verificar que o número de rapazes e de raparigas entrevistados é igual para ambos os grupos e que a idade média é aproximadamente 11 anos para os alunos do Grupo PA e 10 anos para os alunos do Grupo PF. Existe apenas uma aluna repetente, a qual pertence ao Grupo A. Pela observação do quadro, verifica-se ainda que o número de sujeitos com 2, 3 e 4 pontos

obtidos no questionário na fase “pré-teste” é exactamente o mesmo. Foi este factor, além do sexo, que determinou a escolha dos alunos a entrevistar.

Depois de efectuada a selecção dos entrevistados, foi necessário marcar com cada aluno a hora e o local para a realização da entrevista, respeitando-se a disponibilidade de cada um. Houve um contacto com os Encarregados de Educação respectivos, a fim de pedir autorização para a realização da entrevista, uma vez que a mesma iria ter lugar fora do horário lectivo dos alunos. Este contacto foi efectuado por meio de carta, onde se referia o objectivo da entrevista e do projecto de investigação a desenvolver, garantindo-se o anonimato dos alunos participantes e expressando-se a intenção de não considerar as respostas dadas quando da avaliação final na disciplina. As cartas foram enviadas através dos alunos e, para lhes dar resposta, os Encarregados de Educação teriam também de dizer, por escrito, se autorizavam ou não a realização da entrevista, assinando. Todos os pedidos de autorização tiveram resposta positiva. As entrevistas foram conduzidas na escola, numa sala sossegada (um gabinete pouco utilizado).

Antes de se dar início à entrevista, o aluno foi informado de que as perguntas não teriam uma resposta certa ou errada e de que o interesse das respostas dadas residiria apenas numa melhor compreensão do seu pensamento sobre o ar e as suas propriedades. As entrevistas foram gravadas em registo audio, não tendo havido qualquer objecção por parte de nenhum aluno. Os entrevistados tiveram a garantia de que não iriam ser identificados em diálogo ou discussão com outras pessoas e de que a gravação não iria ser entregue a mais ninguém. A entrevistadora certificou-se sempre que o entrevistado não se sentia coagido a fazer a entrevista, tendo o direito de interrompê-la em qualquer momento. Para além da gravação-audio, foi recolhida alguma informação relevante, designadamente desenhos feitos pelos alunos.

A entrevista foi feita com os 12 alunos acima caracterizados na fase “pré-teste” (antes do ensino) e voltada a fazer, com os mesmos alunos, na fase “pós-teste”. A organização e condução de ambas as entrevistas, e o próprio conteúdo das mesmas, foram muito semelhantes, a fim de se poder comparar as opiniões emitidas pelos alunos num e noutro momento e observar eventuais diferenças entre o conjunto de entrevistados do Grupo PA e do Grupo PF.

As entrevistas tiveram uma duração máxima de 30 minutos. Com entrevistados de 10-11 anos não é aconselhável prolongá-las por mais tempo, uma vez que as capacidades de atenção e de concentração começam a perder-se a partir daquele limite (Novick & Nussbaum, 1978; Osborne & Freyberg, 1985).

Após a realização das entrevistas fez-se, logo que possível, a transcrição das mesmas para papel.

O protocolo de entrevista elaborado divide-se em quatro blocos principais, relacionando-se cada um deles com uma actividade prática diferente. Essas actividades foram executadas ao longo da entrevista, estabelecendo-se sempre, após a realização de cada uma delas, um diálogo sobre o que se havia observado. A entrevistadora procurou obter uma interpretação ou explicação por parte do aluno acerca de cada fenómeno que lhe foi apresentado. Segue-se uma breve descrição das 4 actividades e dos seus objectivos. O guião de entrevista pode ser consultado em anexo (nº 2), bem como algumas transcrições das gravações efectuadas (anexo nº 3).

1ª Actividade

Objectivos: Recolher dados sobre o modo como o aluno reconhece a presença do ar; observar a percepção do aluno sobre a natureza e estrutura do ar; saber se o aluno compreende que o volume de uma certa quantidade de ar é variável, por ser possível comprimi-lo.

Descrição da actividade: Manipulando uma seringa com uma capacidade de 100 ml, pediu-se ao aluno que puxasse o êmbolo para trás e que, em seguida, tapasse o orifício da extremidade da seringa com um dedo, empurrando o êmbolo no sentido contrário. Colocaram-se várias questões sobre o fenómeno observado. Em seguida, pediu-se ao aluno que fizesse um desenho do conteúdo da seringa (se fosse possível vê-lo), no momento em que o êmbolo foi puxado para trás e no momento em que se tapou o orifício e se comprimiu o ar. Colocaram-se novas questões sobre os desenhos realizados.

Tempo de duração: cerca de 10 minutos.

2ª Actividade

Objectivo: Recolher dados sobre a percepção do aluno de que o ar tem peso.

Descrição da actividade: Pediu-se ao aluno que observasse uma balança em equilíbrio, construída com um lápis e dois balões iguais. Em seguida, retirou-se um dos balões, trocando-se por outro cheio de ar. Colocaram-se várias questões sobre o fenómeno observado.

Tempo de duração: cerca de 5 minutos.

3ª Actividade

Objectivo: Conhecer as ideias do aluno sobre o que acontece ao ar quando é aquecido.

Descrição da actividade: Colocou-se uma garrafa de vidro transparente, com o gargalo fechado por um balão de borracha, dentro de uma tina com água muito quente. Esperou-se que o balão de borracha começasse a aumentar de volume. Colocaram-se várias questões ao aluno sobre o fenómeno observado. Retirou-se a garrafa da tina, colocando-a junto a uma janela. Esperou-se que o balão de borracha voltasse ao seu estado inicial. Colocaram-se novas questões ao aluno.

Tempo de duração: cerca de 8 minutos.

4ª Actividade

Objectivos: Observar qual a percepção do aluno em relação ao facto de que o ar tem massa e de que exerce força em todas direcções; conhecer a ideia do aluno em relação à pressão atmosférica.

Descrição da actividade: Introduziu-se, por sucção, uma certa quantidade de água numa pipeta e impediu-se que voltasse a sair, tapando o orifício superior com um dedo. Colocaram-se algumas questões sobre o fenómeno observado. Destapou-se, então, a pipeta para permitir que a água caísse. Colocaram-se novas questões ao aluno.

Tempo de duração: cerca de 7 minutos.

3.2.2. O desenvolvimento do estudo

3.2.2.1. O ensino do tópico

Após a fase “pré-teste”, deu-se início à sequência de ensino sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”. Ao longo dessa sequência foram leccionadas 6 aulas ao Grupo PA e 6 aulas ao Grupo PF, sobre os mesmos temas, com as mesmas actividades e estratégias, à excepção do tipo de questionamento implementado com cada uma das turmas. Com o Grupo experimental a professora procurou utilizar muito mais perguntas abertas do que com o Grupo de controle. As perguntas abertas têm a função de promover uma troca de ideias entre estudantes, estimulando o seu raciocínio, dando liberdade na formulação de hipóteses e na especulação (Blosser, 1991).

A observação de aulas é uma técnica de recolha de dados que recorre aos sentidos para a percepção de determinados aspectos da realidade (Lakatos & Marconi, 1988). Decidiu-se utilizá-la com o objectivo de identificar e obter evidências a respeito de comportamentos da professora no seu meio natural de acção (ou seja, a sala de aula), acerca dos quais ela muitas vezes não teria consciência. Assim, durante o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar” procedeu-se à gravação-audio dos momentos de

maior interacção entre professora e alunos existentes em cada aula. Recolheu-se, portanto, um conjunto de 12 gravações (6 com o Grupo PA e 6 com o Grupo PF), as quais foram transcritas para papel, logo que possível.

As gravações (posteriormente transcritas) serviram, por um lado, para analisar as actividades realizadas e estratégias utilizadas nas aulas dadas a cada um dos grupos e, por outro lado, para observar o tipo de questionamento utilizado com cada grupo. Em anexo (nº 4) encontram-se algumas transcrições de parte das aulas, precisamente onde houve uma maior interacção verbal entre professora e alunos.

Apresenta-se, em seguida, uma breve descrição das 6 aulas planeadas para a sequência de ensino sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”. Essas aulas foram planificadas tendo em consideração as concepções alternativas evidenciadas pelos alunos, quer no questionário, quer na entrevista, ambos realizados na fase “pré-teste”. As actividades práticas foram seleccionadas a partir de vários estudos desenvolvidos na área das concepções alternativas e de outras obras sobre o tema (Benson et al., 1993; de Berg, 1992; Cristo & Galhardo, 1996; Duarte, 1993; Liem, 1987; Novick & Nussbaum, 1978; Schneider et al., 1990; Séré, 1986; Walpole, 1991). Algumas das actividades realizadas nas aulas encontram-se ilustradas em anexo (nº5).

1ª Aula

1ª actividade: Introdz-se um copo obliquamente numa tina com água, de modo que fique cheio de água. Pergunta-se aos alunos o que observaram e, no caso de terem visto bolhas a deslocarem-se em direcção à tona de água, o que é que as provocou.

2ª actividade: Introdz-se o mesmo copo na tina, com a boca para baixo, verticalmente, de modo que fique ar dentro do copo. Pergunta-se aos alunos o que observaram e que explicação encontram para esse facto.

3ª actividade: Introdz-se na tina um copo com a boca para baixo (como no exemplo anterior), mantendo-se a direito e empurrando-o para dentro de água, de modo que fique cheio de ar. Segura-se o copo com ar sob a água com uma das mãos e, com a outra, põe-se um segundo copo debaixo de água. Vira-se o segundo copo de lado à medida que se vai baixando, para que se encha de água. Aproximam-se os copos um do outro, inclinando o primeiro para que as bolhas de ar comecem a subir para dentro do segundo copo. Segue-se um conjunto de questões com o objectivo de obter uma descrição do que aconteceu e uma explicação para o funcionamento da actividade observada.

4ª actividade: Faz-se uma bolinha de papel amarrotado e coloca-se no fundo de um copo virado com a boca para baixo. Mergulha-se o copo, verticalmente, na tina cheia de água. Retira-se o copo, também na vertical, e pede-se aos alunos que

verifiquem que o papel continua seco. Em seguida colocam-se várias perguntas sobre o fenómeno observado, nomeadamente: “porque continua seco o papel?”, “como é que a água não entra no copo?” e “porque não sai o ar do copo?”.

2ª Aula

Os alunos divididos em grupos de 4 a 5 elementos constroem três montagens, A, B e C. Cada montagem é composta por uma garrafa de plástico e um funil colocado na boca da garrafa. Nas montagens A e B veda-se o espaço entre garrafa e funil com plasticina. Despeja-se um pouco de água em cada funil, da seguinte forma: na montagem A a água é despejada gota-a-gota e nas montagens B e C mais rapidamente do que na primeira. À medida que a actividade vai sendo realizada, os alunos vão redijindo um pequeno relatório onde devem incluir o problema que levou à realização da experiência, as hipóteses levantadas antes da mesma, o material utilizado e o procedimento experimental, as observações registadas e uma eventual explicação ou conclusão acerca do fenómeno observado. Em seguida, coloca-se um conjunto de questões sobre o que se passou e especula-se para novas situações.

3ª Aula

1ª actividade: Divide-se a turma em grupos de 4 a 5 elementos, tendo cada grupo a seguinte montagem ao seu dispôr: uma garrafa de plástico perfeitamente tapada com uma rolha, onde se introduz um tubo de plástico; veda-se muito bem o espaço entre a rolha e o tubo com plasticina e coloca-se na outra extremidade do tubo uma seringa de 100 ml. Pede-se a cada aluno que imagine como seria o aspecto do ar que está dentro da garrafa se fosse possível vê-lo e que o represente fazendo um desenho da garrafa com o ar lá dentro.

2ª actividade: Enche-se a seringa com cerca de 100 ml de ar. Introduce-se a extremidade da seringa no tubo de plástico de modo a fazer entrar esse ar na garrafa. Pede-se aos alunos que imaginem o ar que está dentro da garrafa nesta segunda situação e que façam um novo desenho.

3ª actividade: Retira-se a seringa da extremidade do tubo para se voltar à situação inicial. Introduce-se novamente a seringa no tubo, mas desta vez completamente fechada, isto é, praticamente vazia. Puxa-se o êmbolo para trás, até que fiquem cerca de 100 ml de ar no interior da seringa, vindos do frasco. Pede-se mais uma vez a cada aluno que imagine o ar dentro do frasco nesta situação e que o desenhe.

4ª Aula:

A professora coloca algumas perguntas à turma para se fazer uma pequena revisão sobre o que já se fez e o que já se aprendeu sobre o ar e as suas propriedades.

Segue-se uma pequena actividade prática, em que cada par de alunos tem ao seu dispôr uma seringa e tenta comprimir o ar que está no seu interior, tapando a extremidade da seringa com um dedo. São colocadas várias perguntas sobre esta situação e pede-se a cada par de alunos que faça dois esquemas (desenhos) da seringa com o ar no seu interior, se fosse possível vê-lo: primeiro no estado normal, ou seja, sem estar comprimido e, depois, quando está comprimido ao máximo. Juntamente com os esquemas os alunos devem responder, por escrito, a duas perguntas: entre a primeira e a segunda situação o volume de ar aumentou, diminuiu ou manteve-se? E a quantidade de ar no interior da seringa: aumentou, diminuiu ou manteve-se?

5ª Aula

São colocadas previamente algumas perguntas a fim de se fazer com os alunos uma breve retrospectiva sobre o que já aprenderam sobre o ar.

1ª actividade: A professora realiza a seguinte demonstração e simultaneamente vai fazendo perguntas sobre o que vai ocorrendo: enche-se um copo (de borda lisa) com água até ao cimo. Coloca-se um papel grosso (do tamanho de um postal) em cima do copo, verificando-se que o copo ficou bem vedado com o papel. Segura-se firmemente o copo e vira-se de cabeça para baixo. Retira-se a mão que estava a segurar o papel, ficando a água dentro do copo. Colocam-se perguntas aos alunos sobre o que aconteceu e por que razão aconteceu.

2ª actividade: Enche-se uma pipeta com alguma água e tapa-se o orifício superior da mesma para impedir que a água caia. Em seguida, destapa-se a pipeta, de modo que alguma água caia dentro de um copo. Colocam-se perguntas aos alunos, designadamente: porque não cai a água quando se tapa a pipeta e porque cai só no momento em que se destapa?

3ª actividade: Pede-se aos alunos que, em grupos de 2 a 3 elementos pensem e planifiquem uma experiência com a qual se consiga demonstrar que o ar tem peso. Como tarefa a realizar em casa os alunos poderão tentar realizar essa experiência e trazer a montagem na próxima aula.

6ª Aula:

1ª actividade: Apresentação e discussão sobre as montagens realizadas em casa para demonstrar que o ar tem peso.

2ª actividade: Realização da seguinte actividade prática de demonstração: coloca-se um balão de borracha na boca de um balão de vidro; põe-se o balão de vidro

em pé numa tina com água muito quente; verifica-se que, passado algum tempo, o balão de borracha começa a encher. Segue-se um conjunto de perguntas sobre o fenómeno observado. Por fim, retira-se o balão de vidro da água quente, colocando-o num local mais frio, como o parapeito da janela; observa-se agora o balão de borracha a ficar vazio. Colocam-se mais algumas perguntas sobre o sucedido, tentando estabelecer eventuais relações com fenómenos que ocorrem na natureza. Os alunos fazem, então, um esquema representativo do ar no interior do balão de vidro, se fosse possível vê-lo, no momento em que é colocado em contacto com a água quente e no momento em que é colocado numa superfície mais fria.

3ª actividade: Acendem-se três velas idênticas, A, B e C. Tapam-se as velas A e B, simultaneamente: a vela A com uma tina de vidro pequena e a vela B com outra tina muito maior. A vela C não é tapada. Passado algum tempo, verifica-se que a vela A se apagou em primeiro lugar, a vela B apagou-se um pouco mais tarde e a vela C permaneceu acesa. Colocam-se várias perguntas sobre o fenómeno ocorrido.

3.2.2.2. A observação do ensino e a formação de observadores

Para a observação das aulas acima descritas, procedeu-se à gravação em audio da parte das aulas em que existiu interacção verbal entre professora e alunos, a fim de se fazer posteriormente a análise das perguntas formuladas pela professora. Obteve-se, assim, um conjunto de 12 gravações (6 de cada grupo). Estes registos foram ouvidos pela professora-investigadora e transcritos para papel, podendo alguns ser consultados em anexo (nº4).

A análise do tipo de perguntas foi feita pela professora-investigadora e por dois observadores “cegos”, assim denominados por não estarem ao corrente do estudo que estava a ser desenvolvido. Os dois observadores foram dois alunos do 4º ano do Curso de Física e Química - Ramo Educacional, da Universidade do Algarve que, quando contactados, prontamente se disponibilizaram a participar no projecto.

Os observadores foram preparados ao longo de várias sessões para conseguirem analisar o melhor possível o tipo de perguntas formuladas pela professora ao longo daquelas aulas. Assim, houve necessidade de implementar um pequeno plano de formação dos observadores, dividido em várias sessões (reuniões entre a professora-investigadora e os dois observadores), as quais se resumem seguidamente:

1ª sessão: primeiro contacto entre os três intervenientes para se estabelecer um certo conhecimento entre si e também dar a conhecer aos observadores os objectivos

desta fase do trabalho, salientando a importância e a necessidade da sua intervenção neste tipo de análise.

2ª sessão: segundo encontro da professora-investigadora com os observadores a fim de dar a conhecer mais detalhadamente a tarefa que iriam desempenhar; distribuição de alguma documentação sobre perguntas e tipo de perguntas que o professor formula nas suas aulas.

3ª sessão: reflexão conjunta sobre os documentos distribuídos na sessão anterior, e já lidos pelos dois observadores, e audição da primeira aula com cada uma das turmas, para que os observadores se começassem a familiarizar com este tipo de trabalho.

4ª sessão: explicação, por parte da professora-investigadora, do tipo de análise a desenvolver pelos observadores, a qual consistia no preenchimento, para cada aula, de uma grelha de análise (construída pela professora-investigadora para o efeito), dividida em três partes: na primeira parte, pretende-se medir o tempo de duração do segmento analisado e contar o número de perguntas fechadas e abertas e o número total de perguntas feitas, determinando finalmente a razão entre perguntas abertas e perguntas fechadas; na segunda parte da grelha pretende-se classificar o tipo de perguntas formuladas de acordo com cinco categorias (história, relações, aplicação, especulação e explicação); e na terceira parte pretende-se medir o tempo ocupado pelo professor e o tempo ocupado pelos alunos ao longo da interação, a fim de se calcular a razão entre o segundo e o primeiro. Em anexo encontra-se um exemplar da grelha de registo acima descrita (nº 6).

Nesta sessão foram distribuídas as 12 gravações e dois leitores de cassetes, equitativamente, pelos dois observadores.

5ª sessão: audição conjunta da primeira aula desenvolvida com cada uma das turmas para se discutir o tipo de categorização feita por cada um dos observadores e aferir alguns critérios de classificação para as audições que se seguiam.

6ª sessão: audição conjunta da segunda e terceira aulas com cada uma das turmas para confronto de opiniões nos casos em que houve diferenças nas classificações atribuídas às perguntas; com esta discussão não se pretendia alterar o tipo de classificação já atribuída, mas sim reflectir e chegar a algumas conclusões.

7ª sessão: audição das restantes aulas e distribuição pelos dois observadores das transcrições das mesmas, onde apenas se incluíam as perguntas formuladas pela professora. Os observadores deveriam, agora, repetir todo o processo mas desta vez com o auxílio da transcrição das perguntas formuladas ao longo das 12 aulas.

8ª sessão: confronto de opiniões em relação ao preenchimento das 12 grelhas de análise, discussão dos resultados obtidos e reflexão final sobre todo o trabalho desenvolvido (vantagens e desvantagens deste tipo de análise, aprendizagens realizadas pelos observadores, implicações para a sua futura profissão e balanço final do trabalho).

3.2.3. Observação de trabalhos realizados pelos alunos durante o ensino do tópico

- *Estudo de trabalhos produzidos pelos alunos*

Ao longo das aulas que acabaram de ser descritas os alunos foram produzindo alguns trabalhos, a pedido da professora. Esses documentos foram recolhidos com o objectivo de se estudar detalhadamente o modo como o aluno representa as suas ideias, por escrito, ou através de esquemas. Assim, recolheu-se um conjunto de seis trabalhos, produzidos em aulas distintas, por cada um dos grupos. Apresenta-se de seguida uma breve descrição dos trabalhos recolhidos (podendo alguns exemplares ser consultados em anexo - nº 7).

1º Trabalho: Relatório escrito sobre as três actividades práticas realizadas durante a primeira aula da sequência de ensino. Este trabalho foi feito em casa, individualmente, por cada um dos alunos.

2º Trabalho: Relatório escrito sobre a actividade prática realizada na segunda aula. Este trabalho foi feito na aula, individualmente, por cada um dos alunos.

3º Trabalho: Conjunto de três desenhos relacionados com a actividade prática realizada na terceira aula. Este trabalho foi feito na aula, individualmente, por cada um dos alunos.

4º Trabalho: Conjunto de dois desenhos e resposta escrita a três perguntas relacionadas com a actividade prática realizada na quarta aula. Este trabalho foi feito na própria aula, em grupos formados por dois alunos.

5º Trabalho: Conjunto de dois desenhos relacionados com a actividade prática realizada na sexta aula. Este trabalho foi feito na própria aula, individualmente, por cada um dos alunos.

6º Trabalho: Mapa conceptual relacionado com as propriedades e constituição do ar. Este trabalho foi realizado na aula que se seguiu à sequência de aulas gravadas, em grupos formados por dois alunos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este capítulo tem como objectivo a organização dos dados recolhidos com vista a responder às perguntas de investigação inicialmente enunciadas e que aqui se recordam:

1. Que concepções são evidenciadas pelos alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar” antes do ensino?
2. Que concepções são evidenciadas pelos mesmos alunos após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”? Como se comparam os resultados no pré-teste com os resultados no pós-teste?
3. Existem diferenças entre os sexos feminino e masculino no que respeita às concepções evidenciadas pelos alunos?
4. Que estratégias utilizou a professora nas suas aulas sobre o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”?
5. Que tipo de interacção verbal foi mantida entre professora e alunos?
6. Que tipo de perguntas foram formuladas pela professora no ensino daquele tópico?
7. Qual o efeito do tipo de perguntas formuladas pela professora nas aulas de Ciências sobre as concepções desenvolvidas pelos alunos no tópico “Estrutura e Propriedades do ar”?
8. Que aspectos da natureza da Ciência foram introduzidos nas aulas?
9. Foram utilizados, durante as aulas, exemplos da experiência anterior dos alunos?
10. Que tipos de actividades realizaram os alunos e quais os produtos dessas actividades?
11. O uso do método experimental combinado com determinado tipo de questionamento será importante para o sucesso do aluno? Como?
12. Que outras características do ensino experimental se podem identificar em situações de sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual?
13. Que efeitos tem sobre as concepções dos alunos, um ensino experimental como o que foi levado a cabo neste estudo?

Partindo destas perguntas de investigação, foram recolhidos dados com o auxílio de vários instrumentos e técnicas: questionários e entrevistas para análise das concepções dos alunos sobre a estrutura e propriedades do ar antes do ensino e após o ensino; observação de aulas para análise do ensino implementado pelo professor e especialmente do tipo de perguntas formuladas; e estudo de trabalhos realizados pelos

alunos nas aulas para análise de eventuais efeitos do ensino sobre as concepções dos alunos.

A análise dos dados recolhidos envolve dois tipos de procedimentos, o descritivo e o de análise de relações que possam eventualmente existir. A análise descritiva incide principalmente sobre os dados obtidos através das seguintes técnicas e instrumentos: questionários e entrevistas aos alunos, observação de aulas e estudo de trabalhos produzidos pelos alunos. A análise de relações consiste na comparação dos dados recolhidos através de questionários e entrevistas realizados nas fases pré-teste com os dados obtidos na fase pós-teste e na comparação do tipo de perguntas formuladas pela professora durante o ensino em dois grupos diferentes.

As questões de investigação respeitantes à análise descritiva foram respondidas utilizando frequências de resposta e percentagens organizadas em quadros e ilustradas por gráficos, e recorrendo também, quando justificável, a médias e desvios-padrão. Em alguns casos foram dados exemplos das respostas e/ou generalizações de respostas mais frequentes. As perguntas de investigação que incidem na análise de relações foram respondidas utilizando as seguintes medidas estatísticas: t-teste, análise de variância e magnitude do efeito (*effect size*).

As perguntas de investigação do estudo e os resultados obtidos, bem como as estratégias utilizadas para os analisar são descritos nas secções que se seguem. A análise estatística foi feita utilizando o pacote SPSS para versão WINDOWS (Kinnear & Gray, 1994). Todos os dados entrados e os resultados obtidos foram verificados por cálculos à mão; para cada tabela ou sector de informação foram verificados todos os dados, não tendo sido detectados erros.

Este capítulo encontra-se dividido em sub-capítulos que correspondem às perguntas de investigação. No final do capítulo apresenta-se uma síntese dos resultados para permitir a passagem à quinta e última parte deste trabalho - a discussão dos resultados.

4.1. Pergunta de investigação 1: “Que concepções são evidenciadas pelos alunos do 5º ano de escolaridade sobre o tópico “Estrutura e propriedades do ar”?

Para dar resposta a esta pergunta foi elaborado um questionário, dividido em nove partes, correspondentes a nove actividades diferentes. Este questionário foi administrado antes (pré-teste) e após (pós-teste) o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”. O processo de construção e administração do questionário, bem

como a descrição pormenorizada das actividades que o constituem, encontram-se no capítulo anterior. Em anexo (nº 1) pode consultar-se um exemplar do questionário.

A fim de se obter um conhecimento mais profundo acerca das concepções dos alunos foram também realizadas entrevistas a 6 alunos de cada grupo, antes e após o ensino do referido tópico. Estes alunos foram seleccionados de entre os que, em cada grupo, evidenciaram possuir um maior número de concepções alternativas. A estratégia seguida para a realização das entrevistas e as actividades que as compõem, encontram-se descritas no capítulo anterior.

Assim, o objectivo principal desta análise é conhecer as concepções que os alunos de duas turmas do 5º ano de escolaridade possuem sobre alguns temas relacionados com o ar antes do ensino do tópico. Essas concepções poderiam ser evidenciadas quer através dos resultados do questionário, quer através dos dados obtidos nas entrevistas. Os alunos que responderam ao questionário e à entrevista pertencem a duas turmas distintas (já caracterizadas no capítulo anterior), designadas por Grupo PA (perguntas abertas) e Grupo PF (perguntas fechadas). Seguidamente apresentam-se, em separado, os dados obtidos nos questionários e nas entrevistas.

4.1.1. Concepções evidenciadas pelos alunos no questionário (antes do ensino)

Para proceder à análise das concepções evidenciadas pelos alunos no questionário começou-se por identificar as variáveis relacionadas com as diferentes secções do questionário e por se lhes atribuir códigos. O código de cada variável é constituído pelo prefixo “pre” (por se tratar da fase pré-teste) seguido de um número que obedece à ordem pela qual as variáveis vão surgindo ao longo do questionário. Assim, por exemplo, o código correspondente à primeira variável é “pre1”. No quadro 4.1. são enumerados os códigos atribuídos a todas as variáveis e as respectivas designações.

Quadro 4.1. Códigos que designam as variáveis analisadas no questionário

Códigos	Designação das variáveis
pre1	Reconhecimento da presença de ar num recipiente.
pre2	Concepção da estrutura do ar.
pre3	Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado.
pre4	Seleção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado.
pre5	Seleção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar

	num recipiente fechado.
pre6	Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior dum recipiente fechado não varia.
pre7	Reconhecimento de que o ar tem peso.
pre8	Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão.
pre9	Seleção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes.
pre10	Concepção da expansão do ar quando é aquecido.
pre11	Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos

Para cada uma das variáveis acima discriminadas foi estabelecida uma escala com os valores 0 e 1. O valor 0 foi atribuído a todas as respostas diferentes da concepção correcta, ou seja, a todas as concepções alternativas, e o valor 1 foi atribuído a todas as concepções consideradas correctas, isto é, coincidentes com as que são aceites cientificamente. Apresenta-se, de seguida, uma listagem das variáveis existentes no questionário, com os códigos respeitantes às respostas possíveis.

Quadro 4.2. Listagem dos códigos atribuídos às respostas dadas no questionário

Variáveis	Códigos atribuídos às respostas dadas no questionário
pre1	0: não reconhece a presença de ar num recipiente sem tampa. 1: reconhece a presença de ar num recipiente sem tampa.
pre2	0: representa o ar como matéria contínua. 1: representa o ar como matéria formada por partículas.
pre3	0: representa o ar como matéria contínua ou corpuscular concentrada em determinada parte de um recipiente. 1: representa o ar como matéria corpuscular expandida por todo o recipiente.
pre4	0: selecciona como melhor representação do ar, uma que não transmite uma concepção correcta (matéria contínua e/ou concentrada). 1: selecciona como melhor representação do ar, uma que transmite uma concepção correcta (matéria corpuscular expandida).
pre5	0: selecciona como pior representação do ar, uma que transmite uma concepção correcta (matéria corpuscular expandida). 1: selecciona como pior representação do ar, uma que não transmite uma concepção correcta (matéria contínua e/ou concentrada).

pre6	<p>0: não reconhece que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado se mantém, quando esse ar é comprimido.</p> <p>1: reconhece que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado se mantém, quando esse ar é comprimido.</p>
pre7	<p>0: não reconhece que o ar tem peso.</p> <p>1: reconhece que o ar tem peso.</p>
pre8	<p>0: não reconhece que o ar ocupa espaço nem exerce pressão.</p> <p>1: reconhece que o ar ocupa espaço e exerce pressão.</p>
pre9	<p>0: não selecciona a ordem correcta segundo a qual se apagam três velas (estando duas delas tapadas com recipientes de diferentes tamanhos).</p> <p>1: selecciona a ordem correcta segundo a qual se apagam três velas (estando duas delas tapadas com recipientes de diferentes tamanhos).</p>
pre10	<p>0: não reconhece que o ar, quando aquecido, se expande por todo o recipiente onde se encontra.</p> <p>1: reconhece que o ar, quando aquecido, aumenta de volume, expandindo-se por todo o recipiente onde se encontra.</p>
pre11	<p>0: não reconhece que o ar exerce força sobre um determinado objecto.</p> <p>1: reconhece que o ar exerce força sobre um determinado objecto.</p>

De acordo com a escala assim definida, cada aluno obteve uma pontuação parcial (0 ou 1) em relação a cada uma das variáveis, e uma pontuação final cujo valor oscila entre 0 e 11. Seguidamente são apresentados os resultados relativos a cada variável, ilustrados através de:

- um quadro que inclui frequências absolutas e relativas (percentagens) de respostas reveladoras de concepções alternativas (código 0) e de respostas evidenciadoras de concepções correctas (código 1), relativamente a cada grupo de alunos e para a totalidade dos alunos que responderam ao questionário.

- dois gráficos que permitem, por um lado, comparar o número de concepções alternativas e o número de concepções correctas evidenciadas e, por outro, comparar os resultados de ambos os grupos.

Os quadros e gráficos incluem dados respeitantes a 58 alunos (28 pertencentes ao Grupo PA e 30 do Grupo PF). O número de alunos não coincide com o número apresentado no capítulo anterior, quando se caracterizou a amostra, porque houve um elemento do Grupo PA que não respondeu ao questionário nesta fase (antes do ensino do tópico).

• *Variável 1: Reconhecimento da presença de ar num recipiente*

A primeira variável foi analisada a partir da primeira actividade do questionário, na qual se pretendia que o aluno observasse atentamente uma garrafa de vidro transparente, aparentemente vazia, sem tampa, e respondesse à pergunta: «Há alguma coisa dentro da garrafa?». A resposta poderia ser uma das três seguintes: “sim”, “não” ou “não sei”. Caso respondesse “sim”, o aluno deveria ainda responder à questão “O que pensas que há dentro da garrafa?”.

Todas as respostas “sim” e “dentro da garrafa há ar”, dadas simultaneamente, foram consideradas correctas. As respostas “sim” e, por exemplo, “dentro da garrafa há água” (ou vapor) não foram consideradas correctas, tendo sido incluídas no grupo das concepções alternativas. O mesmo aconteceu para os casos em que os alunos responderam “não” ou “não sei”. Os resultados relativos à primeira actividade apresentam-se no quadro 4.3. e nos gráficos 4.1. e 4.2.

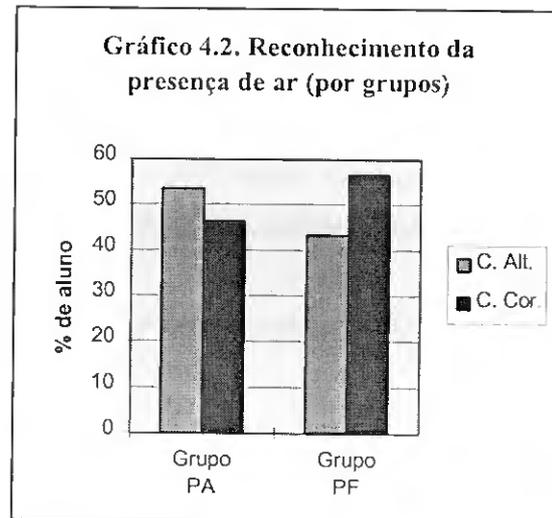
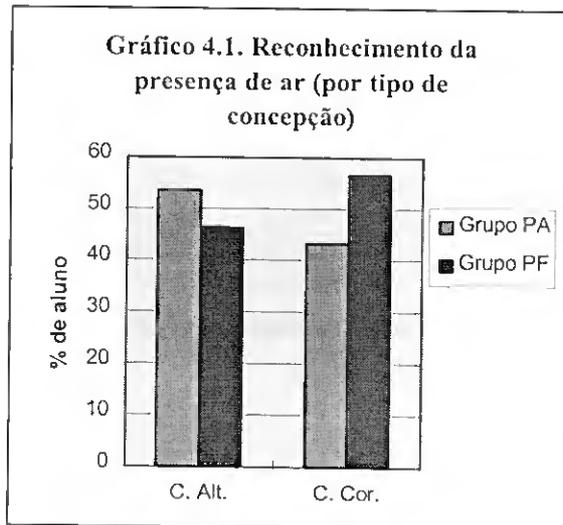
Quadro 4.3. Reconhecimento da presença de ar num recipiente (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		15			13			28	
	53.6		53.6	43.3		46.4	48.3		100.0
Grupo PF		13			17			30	
	46.4		43.3	56.7		56.7	51.7		100.0
Total		28			30			58	
	100.0		48.3	100.0		51.7	100.0		100.0

Através dos dados obtidos no questionário relativamente ao reconhecimento da presença de ar no interior de um recipiente, verifica-se que os alunos do Grupo PA evidenciam ter mais concepções alternativas do que os alunos do Grupo PF e que os deste grupo parecem possuir mais concepções correctas do que os do primeiro grupo. Também se observa que no Grupo PA são mais os alunos que respondem segundo uma concepção alternativa do que os que dão uma resposta correcta. No Grupo PF acontece o contrário: o número de alunos que dão respostas correctas é superior ao número de alunos que respondem de acordo com uma concepção alternativa.

Considerando o conjunto de todos os alunos pode dizer-se que em relação à primeira variável, há mais respostas reveladoras de concepções correctas (51.7%) do que respostas indicadoras de concepções alternativas (48.3%), embora a diferença seja

pequena. Saliente-se que, de entre as concepções alternativas evidenciadas, 64.3% dos alunos indicam que não reconhecem a existência de algo dentro do recipiente. As restantes respostas evidenciadoras de concepções alternativas pertencem a alunos que respondem “não sei” (10.7%) e a alunos que dizem que há alguma coisa na garrafa, mas não ar (21.4% referem-se apenas a oxigénio e 3.6% a água).



• *Variável 2: Concepção da estrutura do ar*

A segunda variável foi analisada a partir da primeira pergunta da segunda actividade do questionário. Neste caso, pretendia-se que o aluno, após observar um frasco de vidro transparente, perfeitamente tapado, sobre o qual se dizia explicitamente que estava “cheio” de ar, imaginasse que conseguia ver o ar no interior do frasco (com a ajuda de uma “lupa mágica”) e o representasse, fazendo um desenho.

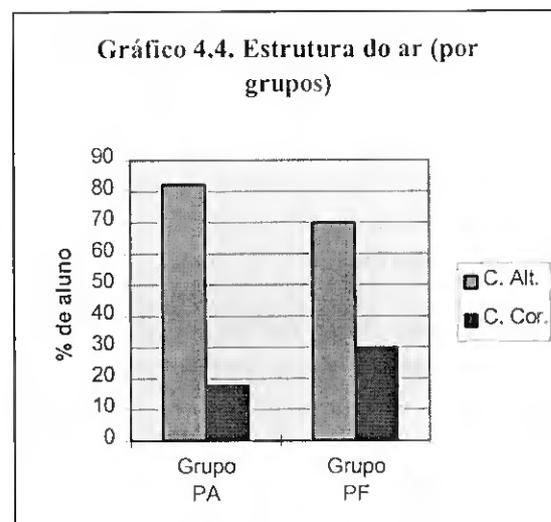
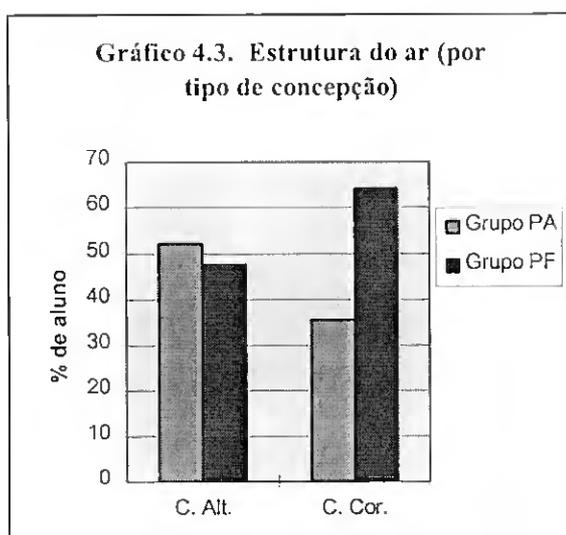
As respostas foram classificadas segundo duas categorias distintas: o aluno representa o ar como se fosse “matéria contínua” (não formada por partículas) ou o aluno representa o ar como “matéria corpuscular” (formada por partículas). As respostas incluídas na primeira categoria foram consideradas como representativas de uma concepção alternativa e as respostas incluídas na segunda categoria foram consideradas como concepções correctas acerca da estrutura do ar. Os resultados obtidos apresentam-se seguidamente através de um quadro e dois gráficos.

Pela análise do quadro e dos gráficos seguintes pode dizer-se que, em relação à concepção que os alunos têm da estrutura do ar, os do Grupo PA manifestam possuir um

maior número de concepções alternativas do que os do Grupo PF. Existe alguma diferença entre os grupos no que diz respeito às concepções correctas, pois estas são mais predominantes no Grupo PF do que no Grupo PA. Também se observa que no Grupo PA há mais alunos que evidenciam ter concepções alternativas do que concepções correctas e que no Grupo PF passa-se o inverso.

Quadro 4.4. Concepção da estrutura do ar (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		23			5			28	
	52.3		82.1	35.7		17.9	48.3		100.0
Grupo PF		21			9			30	
	47.7		70.0	64.3		30.0	51.7		100.0
Total		44			14			58	
	100.0		75.9	100.0		24.1	100.0		100.0



Em relação à totalidade dos alunos, podemos afirmar que a percentagem de concepções alternativas reveladas sobre a estrutura do ar, ultrapassa significativamente a percentagem de concepções correctas. Refira-se que, de entre os alunos que demonstram possuir concepções alternativas sobre a estrutura do ar, 88.6% representam-no como se fosse matéria contínua, 6.8% fazem um desenho misto, isto é, usando simultaneamente

a representação contínua e com partículas, e 4.6% recorrem a outro tipo de figuras para representar o ar (nuvens, por exemplo).

• **Variável 3: Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado**

A terceira variável diz respeito à segunda pergunta da segunda actividade do questionário. Esta pergunta assemelha-se à anterior, mas desta vez, o aluno tem que representar o ar no interior do frasco, sabendo que se removeu cerca de “metade” do ar que lá estava.

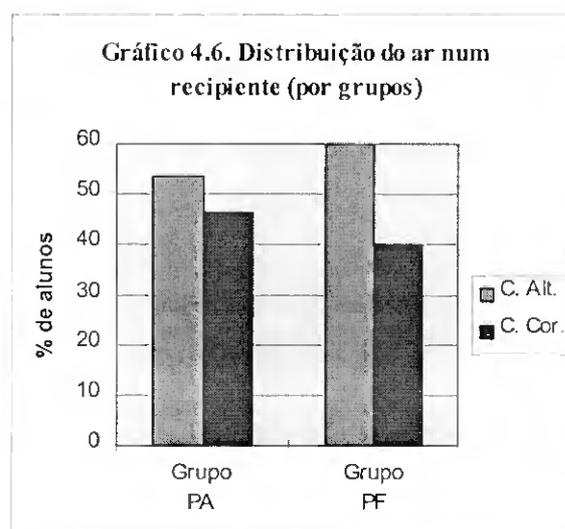
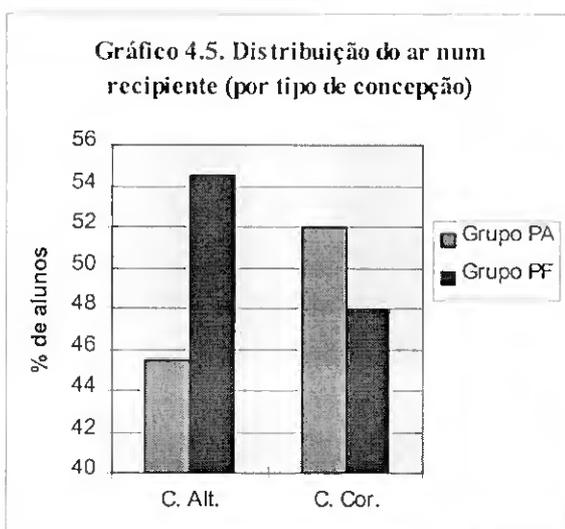
As respostas dadas foram, em primeiro lugar, classificadas segundo duas categorias: o aluno representa o ar todo concentrado numa certa região do frasco ou o aluno representa o ar espalhado por todo o recipiente. As respostas incluídas na primeira categoria foram consideradas como indicadoras de uma concepção alternativa (matéria concentrada); apenas foram consideradas correctas as respostas que se incluíram na segunda categoria (matéria expandida). Os resultados obtidos resumem-se no quadro e nos gráficos seguintes.

Quadro 4.5. Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		15			13			28	
	45.5		53.6	52.0		46.4	48.3		100.0
Grupo PF		18			12			30	
	54.5		60.0	48.0		40.0	51.7		100.0
Total		33			25			58	
	100.0		56.9	100.0		43.1	100.0		100.0

Verifica-se que em relação à concepção sobre a distribuição do ar no interior de um recipiente, no Grupo PF foram reveladas mais concepções alternativas do que no Grupo PA. Quanto ao número de concepções correctas, verifica-se que há equilíbrio entre os grupos, pois a percentagem de alunos que dão uma resposta correcta é ligeiramente aproximada nos dois grupos. Observa-se ainda que tanto no Grupo PA como no Grupo PF há mais alunos que denotam possuir concepções alternativas do que alunos que mostram ter uma concepção correcta.

Considerando todos os alunos, podemos dizer que o número de concepções alternativas evidenciadas supera o número de concepções correctas. Relativamente aos alunos que revelaram possuir concepções alternativas quanto à distribuição do ar, saliente-se que 75.7% desses alunos recorreram a representações do tipo “matéria contínua concentrada”, 15.2% usaram desenhos do tipo “matéria corpuscular concentrada” e 9.1% utilizaram outro tipo de representação que podemos designar “outra concentrada”. Foi possível encontrar vários tipos de representações dentro do grupo das concepções alternativas (todas do tipo “matéria concentrada”), as quais se distinguem quanto ao sítio do recipiente em que o ar fica colocado: 84.8% dos alunos colocam-no no fundo do recipiente (vácuo no topo), 18.2% representam-no no topo do recipiente (vácuo no fundo) e 7% dos alunos desenharam-no todo concentrado no centro do recipiente.



No grupo de respostas que, para esta variável, foram consideradas correctas, incluíram-se todas as que mostraram que o aluno reconhece que o ar se distribui igualmente por todo o recipiente, mesmo nos casos em que a representação da estrutura do ar não estivesse correcta. Assim, de entre as respostas evidenciadoras de uma concepção correcta para esta variável, 64% são do tipo “matéria contínua expandida” e 8% do tipo “outra expandida”. Apenas 28% dos alunos que respondem correctamente usam uma representação do tipo “matéria corpuscular expandida”. Considerando toda a amostra, a percentagem de alunos que usam este último tipo de representação é de 12.1%, o que denota que só estes alunos possuem, em simultâneo, concepções correctas, tanto quanto à estrutura como quanto à distribuição do ar.

• *Variável 4: Selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado*

Esta variável prende-se com a primeira pergunta da terceira actividade do questionário, onde se pedia que o aluno observasse doze esquemas representativos do aspecto do ar num frasco “cheio” de ar e num frasco com “metade” do ar, se fosse possível vê-lo. Em seguida, o aluno teria de seleccionar, de entre os doze esquemas, o que parecia ser, na sua opinião, a melhor representação do ar antes e depois de algum ter sido removido.

As respostas a esta pergunta foram, em primeiro lugar, classificadas em quatro categorias: 1) o aluno selecciona um esquema onde o ar está representado como matéria contínua e todo concentrado numa certa região do frasco (matéria contínua concentrada); 2) o aluno selecciona um esquema onde o ar está representado como matéria contínua, mas todo espalhado pelo recipiente (matéria contínua expandida); 3) o aluno selecciona um esquema onde o ar está representado por partículas e todo concentrado numa certa região do frasco (matéria corpuscular concentrada); 4) o aluno selecciona um esquema onde o ar está representado por partículas e todo espalhado pelo recipiente (matéria corpuscular expandida). Todas as respostas incluídas nas primeiras três categorias foram consideradas como indicadoras de concepções alternativas. Apenas se consideraram correctas as respostas incluídas na quarta categoria. Os resultados obtidos resumem-se no quadro 4.6. e nos gráficos 4.7. e 4.8..

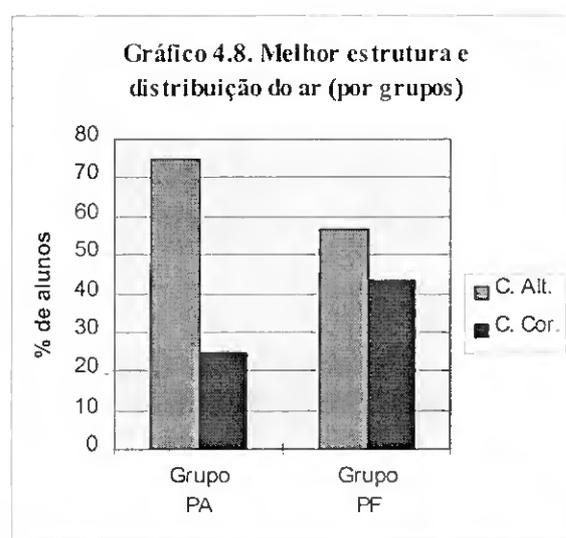
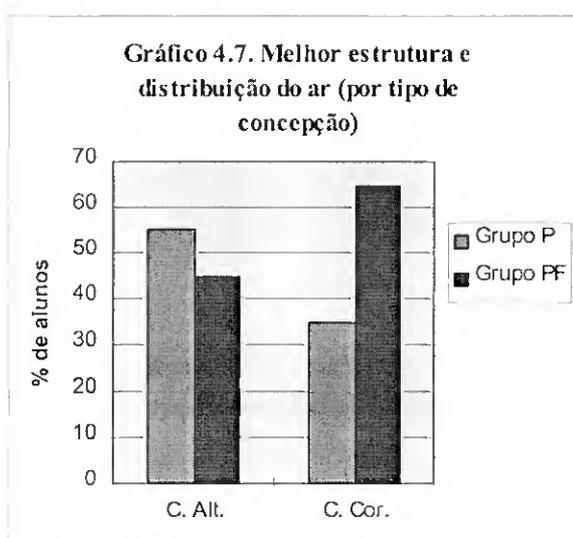
Quadro 4.6. *Selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas*

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		21			7			28	
	55.3		75.0	35.0		25.0	48.3		100.0
Grupo PF		17			13			30	
	44.7		56.7	65.0		43.3	51.7		100.0
Total		38			20			58	
	100.0		65.5	100.0		34.5	100.0		100.0

Relativamente à selecção do melhor esquema representativo da estrutura e distribuição do ar num recipiente, observa-se que, em ambos os grupos, há

predominância de alunos que evidenciam concepções alternativas relativamente ao número de alunos que têm concepções correctas. Verifica-se também que o Grupo PA apresenta um maior número de concepções alternativas do que o Grupo PF e que este grupo revela um número muito maior de concepções correctas em relação ao Grupo PA.

Quanto aos resultados obtidos por todos os alunos, podemos dizer que há um certo domínio de concepções alternativas no que diz respeito à selecção do melhor esquema representativo da estrutura e distribuição do ar. Acrescente-se ainda que no grupo das respostas evidenciadoras de concepções alternativas, 47.4% são do tipo “matéria contínua concentrada”, 34.2% são do tipo “matéria corpuscular concentrada” e 18.4% são do tipo “matéria contínua expandida”.



• **Variável 5: Selecção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado**

Esta variável relaciona-se com a segunda pergunta da terceira actividade do questionário e vem na sequência da variável 4. Desta vez, o aluno tem de seleccionar, de entre o mesmo conjunto de doze esquemas, aquele que lhe parece ser a pior representação da estrutura e distribuição do ar no interior de um recipiente fechado, antes e depois de algum desse ar ter sido removido.

Tal como na questão anterior, as respostas dadas foram classificadas em quatro categorias diferentes: 1) matéria contínua concentrada; 2) matéria contínua expandida; 3) matéria corpuscular concentrada; 4) matéria corpuscular expandida. Como se pretendia que o aluno escolhesse a pior representação, considerou-se que as respostas

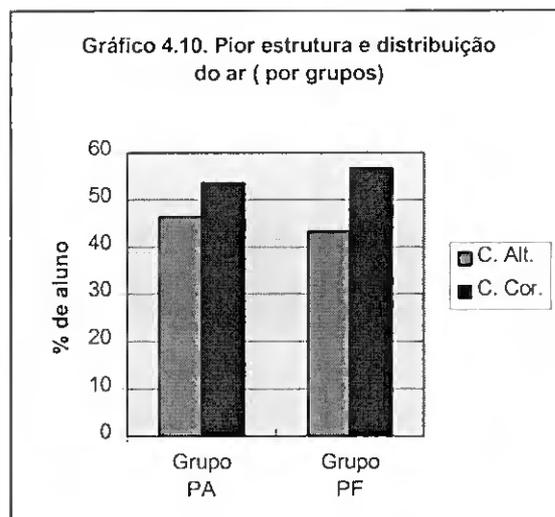
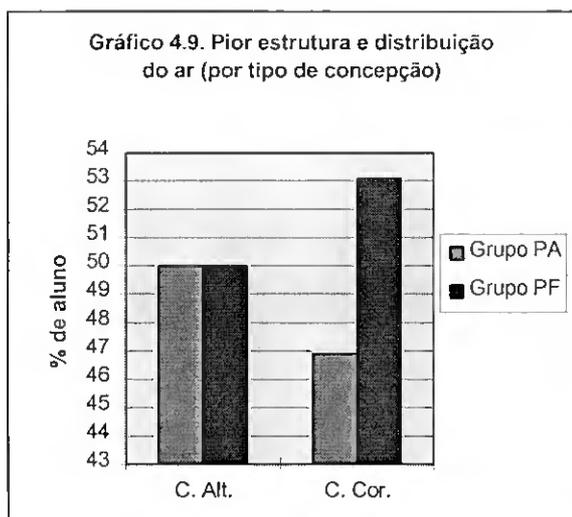
incluídas na categoria 1 (matéria contínua concentrada) seriam considerada as piores porque encerram duas concepções erradas simultaneamente. Assim, as respostas deste tipo foram consideradas no grupo das concepções correctas em relação a esta variável. As respostas incluídas nas três restantes categorias (matéria contínua expandida, matéria corpuscular concentrada e matéria corpuscular expandida) foram consideradas concepções alternativas. Os resultados obtidos apresentam-se no quadro 4.7. e nos gráficos 4.9. e 4.10..

Quadro 4.7. Selecção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		13			15			28	
	50.0		46.4	46.9		53.6	48.3		100.0
Grupo PF		13			17			30	
	50.0		43.3	53.1		56.7	51.7		100.0
Total		26			32			58	
	100.0		44.8	100.0		55.2	100.0		100.0

Analisando os dados obtidos, verifica-se que o número de concepções alternativas evidenciadas é igual nos dois grupos e que o número de concepções correctas manifestadas é maior no Grupo PF do que no Grupo PA. Também se vê que, no interior de cada grupo, o número de concepções correctas evidenciadas ultrapassa o número de concepções alternativas.

Tomando os resultados obtidos pela totalidade dos alunos, podemos afirmar que, no que respeita à selecção do pior esquema representativo da estrutura e distribuição do ar no interior de um recipiente, houve predomínio de concepções correctas em relação a concepções alternativas. Quanto às respostas indicadoras de concepções alternativas, 53.8% são do tipo “matéria corpuscular concentrada”, 19.2% são do tipo “matéria contínua expandida” e 26.9% são do tipo “matéria corpuscular expandida”. As respostas deste último tipo (as mais correctas se se pedisse o melhor esquema) são, aqui, as que mais se afastam da concepção correcta (pois pede-se o pior esquema representativo do ar).



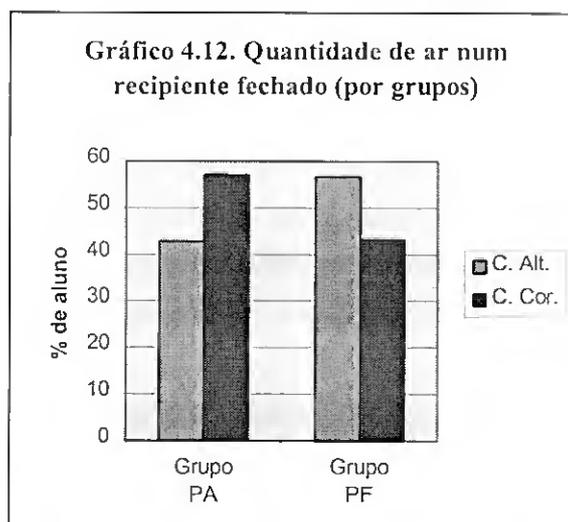
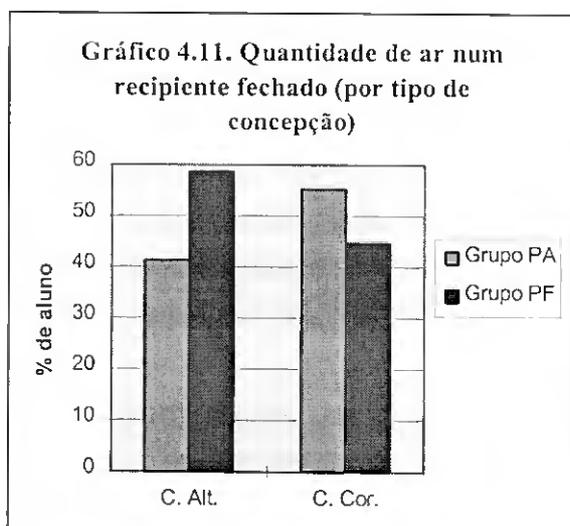
- **Variável 6: Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior dum recipiente fechado não varia**

A variável 6 foi apreciada a partir das respostas dadas à pergunta relativa à quarta actividade do questionário. Pretendia-se aqui que o aluno observasse uma demonstração que aqui se resume: após puxar o êmbolo de uma seringa para trás, de modo a fazer entrar ar na seringa, coloca-se um dedo na extremidade, de modo a tapar perfeitamente o orifício; em seguida, empurra-se o êmbolo no sentido contrário, fazendo força, de maneira a comprimir o ar que está no interior da seringa. Depois pergunta-se: «Na fase final da experiência existe no interior da seringa...», devendo o aluno assinalar a opção que lhe parece mais correcta de entre as seguintes: 1) «...mais ar do que na fase inicial»; 2) «...menos ar do que na fase inicial»; 3) «...a mesma quantidade de ar que na fase inicial» ou 4) «não sei». A terceira opção foi considerada reveladora de uma concepção correcta, tendo as restantes sido incluídas no grupo das respostas indicadoras de concepções alternativas em relação a esta variável. Os resultados obtidos apresentam-se no quadro 4.8. e nos gráficos 4.11. e 4.12..

Em relação às concepções evidenciadas no modo como os alunos reconhecem que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia, observa-se no quadro 4.8 e nos gráficos 4.11. e 4.12. que o Grupo PF manifestou ter mais concepções alternativas e menos concepções correctas do que o Grupo PA. Também se verifica que no Grupo PA há mais alunos que têm evidências de concepções correctas do que alunos com sinais de concepções alternativas. No Grupo PF passa-se o contrário: há predominância de concepções alternativas.

Quadro 4.8. Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		12			16			28	
	41.4		42.9	55.2		57.1	48.3		100.0
Grupo PF		17			13			30	
	58.6		56.7	44.8		43.3	51.7		100.0
Total		29			29			58	
	100.0		50.0	100.0		50.0	100.0		100.0



Considerando todo o grupo, nota-se que há equilíbrio entre o número de concepções alternativas manifestadas e o número de concepções correctas evidenciadas. Refira-se ainda que de entre os alunos que dão respostas evidenciadoras de concepções alternativas, 31% referem que na fase final da experiência há mais ar no interior da seringa e 69% dizem que nessa fase há uma menor quantidade de ar no interior da seringa.

• *Variável 7: Reconhecimento de que o ar tem peso*

A variável 7 relaciona-se com a quinta actividade do questionário. Desta vez, pede-se ao aluno que observe um esquema representativo de uma balança construída com dois balões e um lápis. Diz-se explicitamente que a balança está em equilíbrio. em seguida, refere-se que se retirou um dos balões daquela balança, encheu-se de ar e voltou a suspender-se o balão na balança. Depois pergunta-se «Qual das situações representadas nas figuras A, B e C te parece representar a observação dessa experiência?», devendo o aluno assinalar a opção que lhe parece mais correcta de entre as seguintes: A) representa uma balança em desequilíbrio, com o balão cheio mais elevado do que o balão vazio; B) mostra a balança em equilíbrio; C) representa a balança a pender para o balão que está cheio de ar. Existia ainda a opção «não sei».

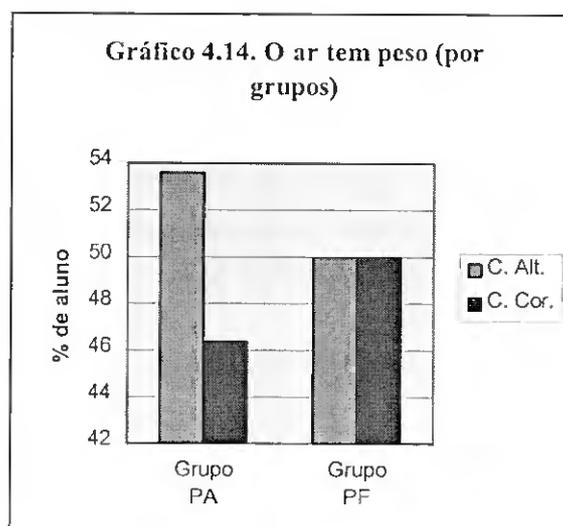
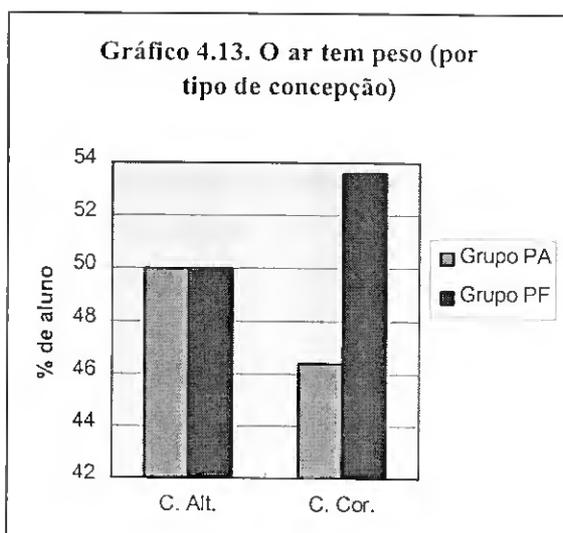
A opção C foi considerada como reveladora de uma concepção correcta, tendo as restantes sido incluídas no grupo das respostas indicadoras de concepções alternativas. Os resultados obtidos aparecem no quadro 4.9. e nos gráficos 4.13. e 4.14. (página seguinte).

Quadro 4.9. Reconhecimento de que o ar tem peso (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		15			13			28	
	50.0		53.6	46.4		46.4	48.3		100.0
Grupo PF		15			15			30	
	50.0		50.0	53.6		50.0	51.7		100.0
Total		30			28			58	
	100.0		51.7	100.0		48.3	100.0		100.0

Quanto às concepções evidenciadas relativamente ao reconhecimento de que o ar tem peso, observa-se que o número de concepções alternativas é igual em ambos os grupos e que o número de concepções correctas é superior no Grupo PF comparativamente com o Grupo PA. Verifica-se também que no Grupo PA há predominio de concepções alternativas em relação às concepções correctas e que no Grupo PF os valores são iguais para ambos os tipos de concepção.

Analisando os dados de todo o grupo de alunos, podemos afirmar que o número de alunos que revelam possuir concepções alternativas é superior ao número de alunos que revelam ter concepções correctas, embora não haja uma grande diferença. Refira-se ainda que 70% das respostas evidenciadoras de concepções alternativas coincidem com a opção que mostra a balança mais inclinada para o lado do balão vazio (sendo, para esses alunos, o balão cheio mais leve), 26.7% pertencem à opção que mostra os dois balões em equilíbrio e 3.3% demonstram que o aluno não sabe qual é a opção correcta.



• *Variável 8: Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão*

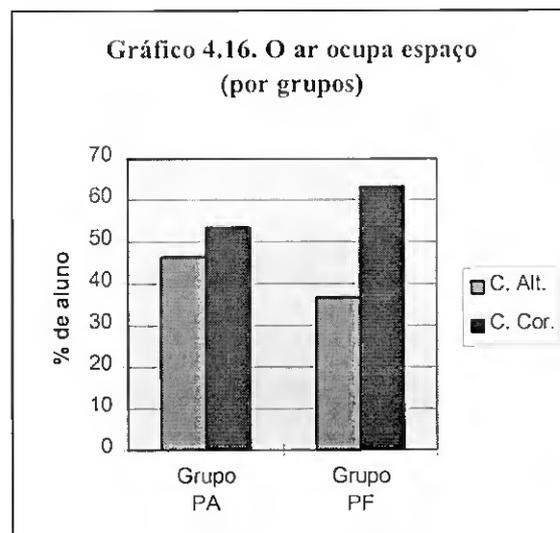
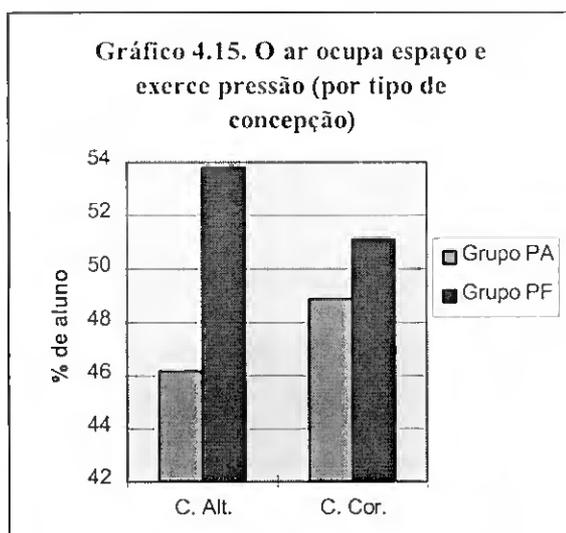
A variável 8 está relacionada com a sexta actividade do questionário. Aqui, o aluno teve que observar uma demonstração e responder a uma pergunta. A demonstração consistia em tapar com o dedo indicador o orifício superior de uma pipeta contendo água (mas não estando completamente cheia), de modo que a água não caísse, para depois se destapar o mesmo orifício, deixando sair a água da pipeta. Em seguida, pergunta-se: «Porque será preciso destapar o orifício superior da pipeta para que a água saia?», tendo o aluno de assinalar, de entre as seguintes, a opção que lhe parece correcta: 1) «Para deixar que a água saia mais rapidamente»; 2) «Para deixar que o ar entre pelo orifício superior enquanto a água sai pelo outro»; 3) «Para deixar o ar entrar na pipeta antes da água sair», ou ainda: 4) «não sei»; ou 5) «tenho outra ideia» (tendo neste caso de escrever a sua ideia).

Foram consideradas correctas todas as respostas incluídas na segunda opção e também na quinta opção, nos casos em que a ideia expressa pelo aluno coincidia com

uma explicação correcta. Todas as respostas incluídas nas restantes opções foram consideradas reveladoras de concepções alternativas. Os resultados obtidos para esta variável encontram-se no quadro 4.10. e nos gráficos 4.15. e 4.16. (página seguinte).

Quadro 4.10. Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		6			22			28	
	46.2		21.4	48.9		78.6	48.3		100.0
Grupo PF		7			23			30	
	53.8		23.3	51.1		76.7	51.7		100.0
Total		13			45			58	
	100.0		22.4	100.0		77.6	100.0		100.0



No que concerne ao reconhecimento de que o ar ocupa espaço, observa-se que tanto o número de concepções alternativas como o número de concepções correctas evidenciadas é superior no Grupo PF, relativamente ao Grupo PA; porém, as diferenças entre os dois grupos são muito pequenas. Também se verifica que, em ambos os grupos, as concepções correctas evidenciadas superam as concepções alternativas reveladas.

Considerando a totalidade dos alunos, observa-se que o número de concepções correctas predomina comparativamente com o número de concepções alternativas manifestadas em relação ao reconhecimento de que o ar ocupa espaço. Acrescente-se ainda que 38.4% das respostas reveladoras de concepções alternativas indicam que é preciso destapar a pipeta “para deixar o ar entrar antes da água sair”, 30.8% dizem que é “para deixar que a água saia mais rapidamente”, 7.7% referem (na opção “tenho outra ideia”) que é “para que acabe a pressão sobre a água” e 23.1% dizem que não sabem responder.

• **Variável 9: Selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes**

Esta variável corresponde à sétima actividade do questionário, onde se mostram três esquemas, A, B e C, contendo cada um deles um desenho de uma vela acesa. No esquema A a vela está tapada com uma caixa grande fechada; no esquema B a vela está tapada com uma caixa pequena fechada; e no esquema C a vela está dentro de uma caixa aberta. Em seguida, pergunta-se: «Qual a ordem por que se apagam as velas?», tendo o aluno que assinalar a opção correcta, de entre: 1) «A, B, C»; 2) «B, A, C»; 3) «B, C, A»; 4) «A, C, B»; 5) «C, B, A»; 6) «C, A, B»; ou ainda 7) «não sei».

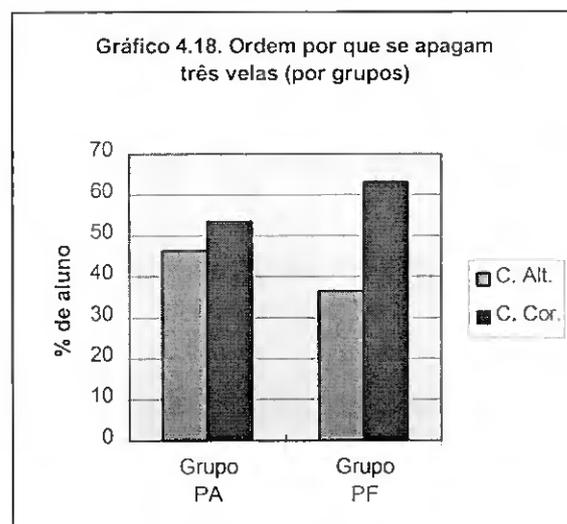
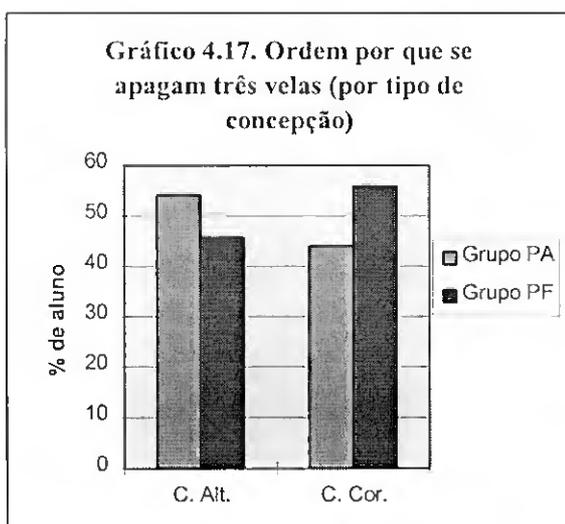
A resposta reveladora de uma concepção correcta é a que corresponde à segunda opção. Todas as respostas incluídas nas restantes opções foram consideradas como indicadoras de concepções alternativas. Os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.11. e nos gráficos 4.17. e 4.18..

Quadro 4.11. Selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		13			15			28	
	54.2		46.4	44.1		53.6	48.3		100.0
Grupo PF		11			19			30	
	45.8		36.7	55.9		63.3	51.7		100.0
Total		24			34			58	
	100.0		41.4	100.0		58.6	100.0		100.0

Quanto à concepção sobre a ordem por que se apagam três velas em diferentes condições, verifica-se que no Grupo PA há mais alunos que evidenciam ter concepções alternativas do que no Grupo PF e que neste grupo há mais alunos que manifestam possuir concepções correctas do que no Grupo PA. Também se observa que, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF, há predominância de concepções correctas comparativamente com as concepções alternativas.

Tomando os resultados de todos os alunos, verifica-se que o número de alunos com evidência de concepções correctas é superior ao número de alunos com evidência de concepções alternativas. Saliente-se ainda que 41.7% das respostas reveladoras de concepções alternativas, indicam que a ordem pela qual as velas se apagariam seria: primeiro, a vela que está na caixa aberta, depois a vela da caixa pequena fechada e por último a vela que está na caixa grande fechada. Também há 41.7% de respostas que indicam outra ordem: vela na caixa aberta - vela na caixa grande fechada - vela na caixa pequena fechada. 12.5% escolhem: vela na caixa grande fechada - vela na caixa pequena fechada - vela na caixa aberta. Existem ainda 4.1% que atribuem uma ordem diferente: vela na caixa pequena fechada - vela na caixa aberta - vela na caixa grande fechada.



• **Variável 10: Concepção da expansão e movimento do ar quando é aquecido**

A décima variável relaciona-se com a oitava actividade do questionário, onde se pede ao aluno que observe um esquema representativo das fases inicial e final da seguinte experiência: tapou-se a boca de uma garrafa de vidro com um balão de borracha e aqueceu-se a garrafa, colocando-a dentro de uma tina com água quente. No

esquema da fase final da experiência vê-se que o balão de borracha aumentou de tamanho. Em seguida pergunta-se: «Na fase final da experiência, o balão aumentou de tamanho porque...», tendo o aluno que escolher a resposta que lhe parece mais acertada, de entre as seguintes: «...o ar que estava no interior da garrafa “espalhou-se” e entrou no balão»; «...o ar que estava no interior da garrafa ficou mais “apertado”»; «...a quantidade de ar no interior da garrafa aumentou»; «...o tamanho da garrafa diminuiu»; ou ainda «não sei» ou «tenho outra ideia», tendo o aluno neste caso de escrever a sua ideia.

Todos os alunos que assinalaram a primeira opção («o ar que estava no interior da garrafa “espalhou-se” e entrou no balão»), foram considerados como detentores de uma concepção correcta. As respostas incluídas em qualquer uma das restantes opções (à excepção da última nos casos em que coincidia com a explicação correcta) foram consideradas como reveladoras de concepções alternativas. Os resultados obtidos nesta parte do questionário encontram-se descritos no quadro e nos gráficos seguintes.

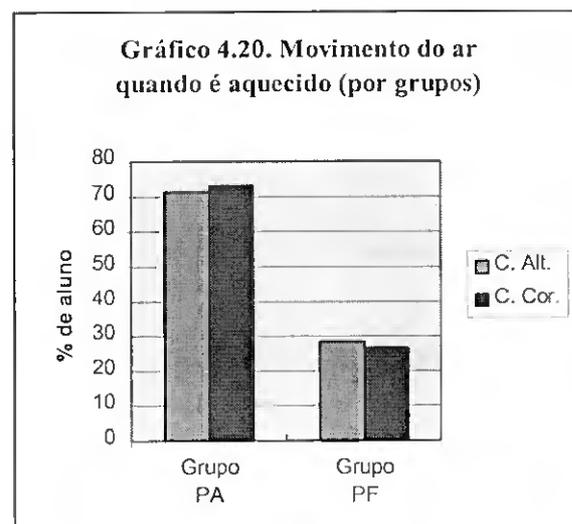
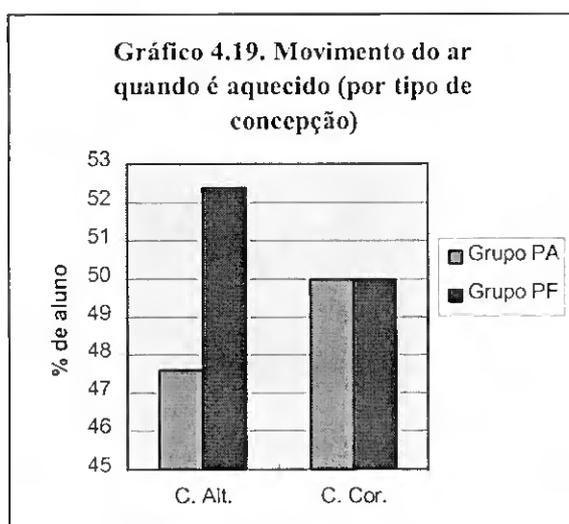
Quadro 4.12. Concepção do movimento por expansão do ar quando é aquecido (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		20			8			28	
	47.6		71.4	50.0		28.6	48.3		100.0
Grupo PF		22			8			30	
	52.4		73.3	50.0		26.7	51.7		100.0
Total		42			16			58	
	100.0		72.4	100.0		27.6	100.0		100.0

Analisando o quadro 4.12. e os gráficos 4.19 e 4.20. verifica-se que, relativamente ao fenómeno de expansão e movimento do ar quando aquecido, no Grupo PF há mais alunos que evidenciam ter concepções alternativas do que no Grupo PA e que o número de concepções correctas reveladas é igual nos dois grupos. Observa-se também que, em ambos os grupos, o número de alunos que revelam possuir concepções alternativas é superior ao número de alunos que demonstram ter uma concepção correcta.

Considerando o número total de alunos inquiridos, pode dizer-se que a quantidade de alunos que evidenciam ter concepções alternativas é bastante superior à

quantidade de alunos que revelam ter uma concepção correcta sobre este fenómeno. Refira-se ainda que: 52.4% dos alunos que evidenciam concepções alternativas, referem que o balão de borracha aumenta de tamanho porque “a quantidade de ar no interior da garrafa aumentou”; 33.3% dizem que “o ar que estava no interior da garrafa ficou mais apertado”; 4.8% afirmam que não sabem responder; 4.8% dizem (na opção “tenho outra ideia”) que “a água aqueceu a garrafa e criou vapor que foi para o balão”; e 2.4% referem (também na opção “tenho outra ideia”) que “a água quente fez força e encheu o balão”.



• **Variável 11: Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos**

Esta variável foi analisada através das respostas dadas à pergunta existente na nona e última actividade do questionário. Aqui pretendia-se que o aluno observasse uma figura representando uma ventosa de borracha que se encontrava fixa na parede da sala de aula. Perguntava-se então «A ventosa fica segura na parede porque...», tendo o aluno que escolher a opção que lhe parecia mais correcta de entre as seguintes: «...existe ar no exterior da ventosa, e pouco ou nenhum ar entre a parede e a ventosa»; «...a borracha da ventosa cola à parede»; «...a ventosa é “puxada” pela parede»; «...não existe ar no exterior da ventosa e existe ar entre a parede e a ventosa»; «...a parede é “puxada” pela ventosa»; ou ainda «não sei» ou «tenho outra ideia», tendo o aluno neste caso de escrever a sua ideia.

As respostas coincidentes com a primeira opção («existe ar no exterior da ventosa, e pouco ou nenhum ar entre a parede e a ventosa») foram consideradas como reveladoras de uma concepção correcta. Todas as respostas incluídas em qualquer uma

das restantes opções (à excepção da última quando a explicação do aluno coincidia com a ideia correcta), foram englobadas no conjunto das respostas evidenciadoras de uma concepção alternativa. Os resultados obtidos em relação às concepções evidenciadas nas respostas a esta pergunta, encontram-se organizados no quadro e nos gráficos que se apresentam na página seguinte.

Quadro 4.13. Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	C. Alternativas			C. Correctas			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
Grupo PA		16			12			28	
	45.7		57.1	52.2		42.9	48.3		100.0
Grupo PF		19			11			30	
	54.3		63.3	47.8		36.7	51.7		100.0
Total		35			23			58	
	100.0		60.3	100.0		39.7	100.0		100.0

Gráfico 4.21. O ar exerce pressão (por tipo de concepção)

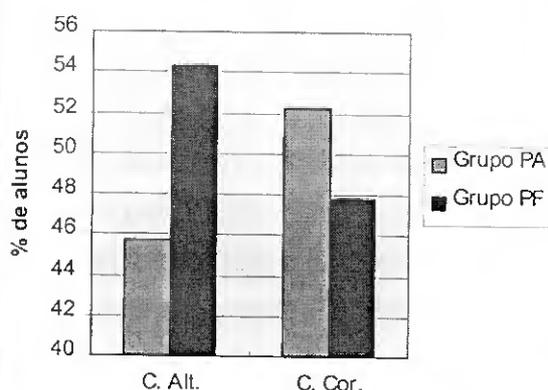
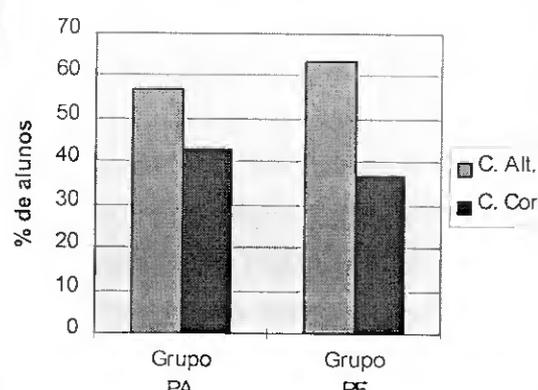


Gráfico 4.22. O ar exerce pressão (por grupos)



No que diz respeito às ideias reveladas pelos alunos sobre a pressão exercida pelo ar sobre as coisas, verifica-se, através dos dados apresentados no quadro e nos gráficos que se seguem, que em ambos os grupos o número de alunos que demonstram ter concepções alternativas é superior ao número de alunos que mostram possuir uma concepção correcta. Também se observa que o número de alunos com concepções

alternativas é superior no Grupo PF em relação ao Grupo PA e que o número de alunos com concepções correctas é aproximadamente igual nos dois grupos.

Analisando os resultados obtidos pela totalidade dos alunos, pode afirmar-se que houve mais respostas reveladoras de concepções alternativas do que respostas correctas. Refira-se ainda que, de entre os alunos que dão respostas que evidenciam concepções alternativas: 42.9% afirmam que a ventosa fica segura na parede porque “a borracha da ventosa cola à parede”; 37.1% referem que “não existe ar no exterior da ventosa e existe ar entre a parede e a ventosa”; 8.6% dizem que “a ventosa é puxada pela parede”; 5.7% parecem julgar que “a parede é puxada pela ventosa”; 2.9% dizem (na opção “tenho outra ideia”) que “o ar que está no interior da ventosa está comprimido e ela agarra-se”; e 2.9% afirmam que não sabem responder.

• *Pontuações obtidas pelos alunos no questionário*

Terminada a análise das onze variáveis existentes no questionário, interessa agora observar os resultados globais obtidos pelos alunos no questionário. A cada resposta indicadora de uma concepção alternativa foram atribuídos 0 pontos e a cada resposta reveladora de uma concepção correcta foi dado 1 ponto. Assim, a pontuação total de cada aluno poderia variar entre 0 e 11 pontos. No quadro 4.14. e no gráfico 4.23. estão organizados os resultados obtidos (em termos de pontuação) pelos alunos de cada grupo.

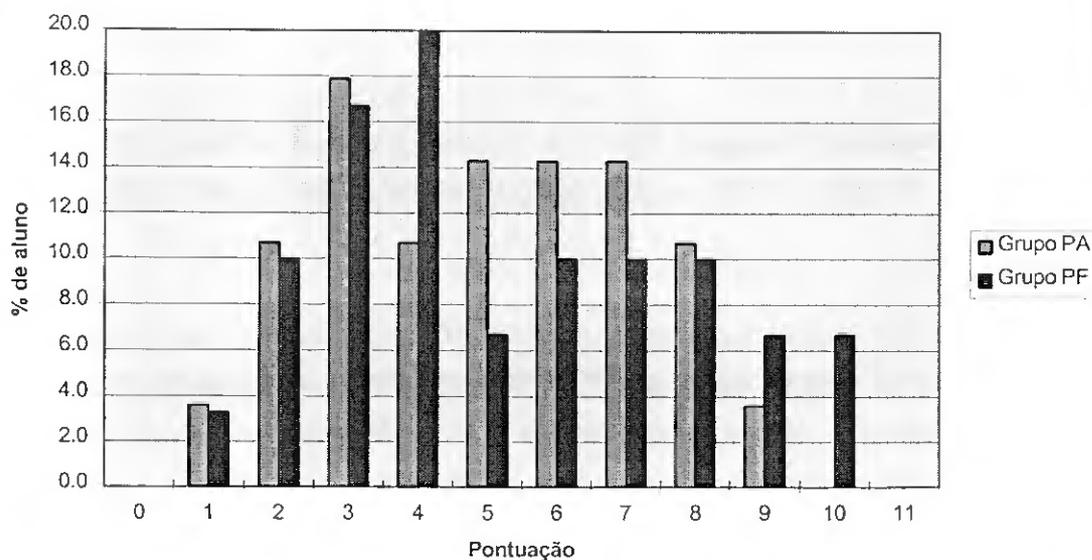
Verifica-se que as pontuações obtidas variam entre 1 e 9 pontos no Grupo PA e entre 1 e 10 pontos no Grupo PF. Também se observa que há diferenças entre os dois grupos quanto à percentagem de alunos que tiveram pontuações situadas entre 4 e 7 pontos e entre 9 e 10 pontos, e que não existem diferenças quanto à percentagem de alunos com pontuações situadas entre 1 e 3 pontos e com 8 pontos. Considerando o número total de alunos, ainda se pode acrescentar que as pontuações mais frequentes estão situadas entre 3 e 4 pontos e que não houve alunos sem pontos nem com a pontuação máxima.

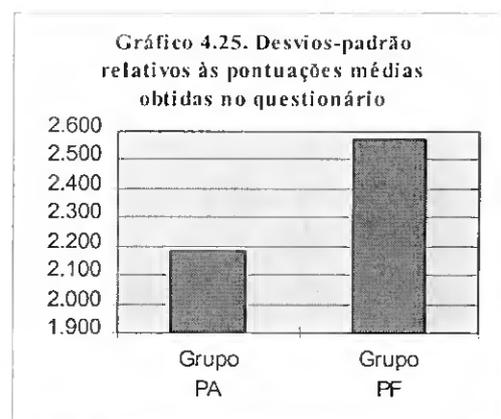
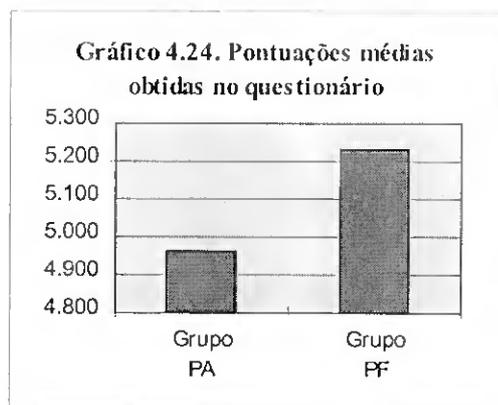
No que diz respeito à pontuação média obtida por cada grupo de alunos, verifica-se que a média foi superior no Grupo PF (5.233) em relação ao Grupo PA (4.964) e que, para a totalidade dos alunos inquiridos, foi 5.103. Observa-se ainda que o valor do desvio-padrão obtido pelo Grupo PF (2.569) foi superior ao do Grupo PA (2.186), o que revela uma menor dispersão dos resultados obtidos no questionário pelos alunos deste segundo grupo. Em relação ao conjunto de todos os alunos, o desvio-padrão foi 2.374.

Quadro 4.14. Distribuição das pontuações obtidas no questionário antes do ensino

Pontuação obtida	Grupo PA			Grupo PF			Total		
	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila	% col.	N	% fila
0	0.0	0		0.0	0		0.0	0	
1	3.6	1	50.0	3.3	1	50.0	3.4	2	100.0
2	10.7	3	50.0	10.0	3	50.0	10.3	6	100.0
3	17.9	5	50.0	16.7	5	50.0	17.2	10	100.0
4	10.7	3	33.3	20.0	6	66.7	15.5	9	100.0
5	14.3	4	66.7	6.7	2	33.3	10.3	6	100.0
6	14.3	4	57.1	10.0	3	42.9	12.1	7	100.0
7	14.3	4	57.1	10.0	3	42.9	12.1	7	100.0
8	10.7	3	50.0	10.0	3	50.0	10.3	6	100.0
9	3.6	1	33.3	6.7	2	66.7	5.2	3	100.0
10	0.0	0	0.0	6.7	2	100.0	3.4	2	100.0
11	0.0	0		0.0	0		0.0	0	
Total	100.0	28	48.3	100.0	30	51.7	100.0	58	100.0
Média		4.964			5.233			5.103	
D. padrão		2.186			2.569			2.374	

Gráfico 4.23. Pontuações obtidas no questionário





4.1.2. Concepções evidenciadas pelos alunos nas entrevistas (antes do ensino)

O objectivo da entrevista consistia sobretudo em conhecer melhor as concepções dos alunos sobre “Estrutura e propriedades do ar”, o que não seria possível usando apenas os dados obtidos no questionário escrito. Estas entrevistas foram conduzidas com 12 alunos (6 do Grupo PA e 6 do Grupo PF).

Como a entrevista teve um limite de 30 minutos, foram apreciados apenas alguns aspectos abordados no questionário: aqueles que se prendem mais com a estrutura e natureza do ar e com algumas das suas propriedades. Foram apreciados os seguintes aspectos:

- (1) O ar é composto por partículas invisíveis.
- (2) As partículas que compõem o ar estão espalhadas em qualquer espaço fechado.
- (3) Existem “espaços vazios” entre as partículas que constituem o ar.
- (4) A mesma quantidade de ar tem volume variável (o ar é compressível e expande-se).
- (5) O ar tem peso.
- (6) As partículas de um gás estão em movimento intrínseco.
- (7) O ar ocupa espaço.
- (8) O ar exerce força e pressão sobre as outras coisas.

Para apreciar os oito aspectos acima enunciados, preparou-se um guião de entrevista estruturada (ver anexo nº 2) que inclui quatro actividades experimentais distintas, representando cada uma um fenómeno diferente. Foram colocadas várias perguntas sobre cada um dos fenómenos observados com vista a obter dados relevantes sobre os aspectos a apreciar. Em seguida apresenta-se uma descrição sumária das actividades realizadas com as principais perguntas colocadas e/ou tarefas solicitadas aos alunos.

- 1ª Actividade: Introduzir ar numa seringa puxando o êmbolo para trás. Tapar o orifício da seringa e empurrar o êmbolo no sentido contrário, impedindo que o ar saia (de modo a comprimir o ar que se encontra no interior da seringa).

Perguntas/Tarefas:

- (1) O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás? O que há dentro da seringa?
 - (2) Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa.
 - (3) Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar? A quantidade de ar no interior da seringa aumenta, diminui ou mantém-se?
 - (4) Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido).
 - (5) Existe alguma coisa entre as partículas de ar?
- 2ª Actividade: Observar dois balões: um vazio e outro cheio de ar. Suspender os balões numa balança muito simples e ver o que acontece.

Perguntas:

- (1) Qual é a diferença entre os dois balões?
 - (2) O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança?
 - (3) O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido?
- 3ª Actividade: Colocar um balão de borracha na boca de um frasco de vidro. Introduzir o frasco numa tina com água muito quente e observar o que acontece. Retirar o frasco da tina e observar novamente o que acontece.

Perguntas:

- (1) Ao colocar o frasco na tina o que acontece? De que se enche o balão de borracha?
 - (2) Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi aquilo que estava dentro do balão?
- 4ª Actividade: Introduzir água numa pipeta e tapar o orifício superior para que água permaneça dentro da pipeta. Destapar a pipeta de modo a fazer com que a água caia.

Perguntas:

- (1) Como explicas que a água não caia quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta?
- (2) Por que será preciso destapar a pipeta para a água cair?

As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas logo que possível. Foram também recolhidos os desenhos realizados na primeira actividade. As respostas dos

alunos foram, em primeiro lugar, categorizadas em termos do tipo de explicação dada e, posteriormente, organizadas em quadros onde se separaram os dados dos alunos pertencentes ao Grupo PA (perguntas abertas) e ao Grupo PF (perguntas fechadas). Esses quadros apresentam-se em seguida, sempre acompanhados de um comentário.

• *1ª Actividade:*

Quadro 4.15. *O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás? O que há dentro da seringa?* (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
A seringa fica com ar vindo do exterior.	5	5
A seringa fica com ar que já estava no seu interior.	1	-
A seringa fica vazia (não existe nada lá dentro).	-	1

A maior parte dos alunos entrevistados reconhece que, ao puxar o êmbolo para trás, entra ar na seringa. Há apenas uma aluna que refere que não existe nada dentro da seringa; no entanto, esta mesma aluna reformula a sua resposta mais tarde, quando é convidada a empurrar o êmbolo no sentido contrário e sente que há algo dentro da seringa (referindo então que é ar). Existe uma resposta de certo modo estranha, por parte de uma outra aluna, que refere que o ar que vai encher a seringa já se encontrava no seu interior.

Quadro 4.16. *Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa.* (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é uma matéria contínua (sem partículas).	6	6
(a seringa fica totalmente pintada - a cheio)	(3)	(2)
(a seringa fica preenchida com linhas)	(3)	(3)
(a seringa fica preenchida com xadrez)	(-)	(1)

Todos os alunos representaram o ar como se fosse algo contínuo- não constituído por partículas. Alguns representaram-no pintando todo o interior da seringa, sem deixar quaisquer espaços em branco; outros recorrem ao uso de linhas (traços longos) transversais ou longitudinais, deixando áreas livres entre as linhas; um dos alunos

representa o ar usando linhas que atravessam a seringa em duas direcções opostas, cruzando-se (dando o efeito de xadrez).

Um dos alunos modificou, mais tarde, o seu desenho, quando lhe foi solicitado que voltasse a representar o ar, mas numa situação diferente (comprimido). Nessa altura, este aluno repetiu o desenho desta primeira situação, mas recorrendo ao uso de pontos separados uns dos outros (partículas). Saliente-se que todos os alunos preencheram todo o interior da seringa, não dando a ideia do ar estar concentrado em alguma parte da seringa, mas sim espalhado por todo o espaço.

Quadro 4.17. Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar? A quantidade de ar no interior da seringa aumenta, diminui ou mantém-se? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é o mesmo, mas mais “apertado”.	3	5
O ar fica mais “apertado”, mas saíu algum.	1	1
O ar não deixa que se empurre o êmbolo.	1	-
O ar fica todo apertado e há mais ar na seringa.	1	-

Verifica-se que a maioria dos alunos entrevistados refere que o ar que permanece no interior da seringa é o mesmo (a quantidade de ar não varia), mas esse ar fica mais “apertado”. Duas repostas interessantes que reflectem essa ideia são, por exemplo:

«O ar no início circulava à vontade e agora está num espaço mais pequeno e fica mais apertado» (Grupo PA).

«Na primeira parte o ar estava à vontade e tinha mais espaço. Ao pôr o dedo e empurrando o êmbolo o ar teve que se apertar mais e ficar muito juntinho» (Grupo PF).

Há dois alunos que referem que o ar fica mais apertado, mas saíu algum. Esta resposta surge para justificar a ideia manifestada por estes dois alunos, de que a quantidade de ar no interior da seringa diminui.

A aluna que refere que “o ar não deixa que se empurre o êmbolo” justifica a sua opinião dizendo que não vai conseguir empurrar o êmbolo porque a seringa está cheia de ar. Mais tarde, ao conseguir comprimir um pouco o ar que está na seringa, reformula a sua resposta dizendo que a quantidade de ar é a mesma, mas o ar “uniu-se” muito.

Aparece ainda uma resposta de certo modo inesperada, por parte de uma aluna que afirma que na fase final o ar está “todo apertado”, mas dentro da seringa “está mais ar”. Esta opinião só se modifica quando se pergunta à aluna se entrou ar na seringa e por onde entrou.

Quadro 4.18. *Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido).* (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é uma matéria contínua (sem partículas).	5	6
(seringa totalmente pintada, mas com cor mais carregada)	(2)	(1)
(seringa totalmente pintada, mas não mais escura)		(1)
(seringa toda preenchida de linhas mais juntas)		(3)
(seringa com linhas com o mesmo espaço entre si)	(2)	
(seringa com linhas desenhadas noutra direcção)	(1)	
(seringa preenchida com xadrez mais apertado)		(1)
O ar é formado por partículas.	1	
(seringa preenchida por pontos mais juntos).	(1)	
O volume ocupado pelo ar é o mesmo.	1	2
O ar ocupa um volume menor.	5	4

Em relação ao esquema que representa o ar na situação de compressão, apenas um aluno utiliza pontos separados uns dos outros, o que demonstra que tem a ideia de matéria formada por partículas. Estes pontos estão mais juntos do que no desenho da primeira situação.

Os restantes alunos repartem-se pelas várias categorias de representações do tipo “contínuo”, respeitando o desenho feito na primeira situação, embora alguns alunos tentem mostrar que o ar fica mais “apertado”, fazendo: uma pintura mais carregada (mais escura), ou linhas mais juntas, ou ainda um xadrez mais apertado.

A maior parte dos alunos desenha o ar distribuído por um espaço interior da seringa menor do que o da primeira situação, dando a ideia de que o volume diminui.

Quadro 4.19. *Existe alguma coisa entre as partículas de ar?* (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Não existe nada entre as partículas de ar.	1	2
Também existe ar entre as partículas (não há espaços vazios).	3	3
Não sabe.	2	1

Em relação a esta pergunta, observa-se que alguns alunos (mesmo de entre os que deixaram espaços em branco nos seus desenhos sobre o ar) dizem que não há espaços vazios e que na seringa só existe ar. Um dos alunos refere que «há ar, só que é menos». Apenas três alunos reconhecem que há espaços livres, onde não existe nada.

2ª Actividade:

Quadro 4.20. Qual é a diferença entre os balões? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Um balão está vazio (não tem ar) e o outro está cheio de ar.	6	6

Esta pergunta foi respondida correctamente por todos os entrevistados, embora verbalizada de diferentes formas.

Quadro 4.21. O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O balão vazio vai para baixo (é mais pesado).	3	4
O balão cheio desce (é este o mais pesado).	3	2

Pedia-se a seguir que o aluno fizesse uma previsão: “ao largar a balança com os dois balões suspensos (um cheio de ar e o outro vazio) o que acontece?”. O facto de mais de metade dos entrevistados ter a ideia que o balão que está cheio de ar é mais leve do que o outro, é bastante interessante. Algumas justificações apresentadas para essa ideia, foram por exemplo:

«Porque o ar é muito leve e não pesa nada, enquanto este (o vazio) é mais pesado porque não tem ar» (Grupo PA).

«Como o balão que tem ar está cheio, fica suspenso no ar» (Grupo PF).

Os restantes alunos respondem correctamente, apresentando também a respectiva justificação, designadamente:

«Vai descair para o lado do balão cheio porque tem mais peso... Porque está cheio de ar... O ar tem peso» (Grupo PA).

Quadro 4.22. O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O balão cheio desce porque com o ar torna-se mais pesado.	6	5
O balão cheio desce mas não sabe porquê.	-	1

Ao serem confrontados com uma situação diferente da que esperavam, quase todos os alunos que haviam previsto que a balança se inclinaria para o lado do balão vazio, mudaram a sua opinião, referindo explicitamente que o balão que contém ar é que é o mais pesado. Apenas uma aluna persiste em afirmar que o ar não tem peso, dizendo:

«Eu pensava que o balão que não tinha ar pesava mais porque era um balão e pesava, não é?... E o que tinha ar dentro, pensava que não pesasse nada porque eu, pelo menos, penso que o ar não pesa» (Grupo PF).

• *3ª Actividade:*

Quadro 4.23. Ao colocar o frasco na tina com água quente o que acontece? De que se enche o balão de borracha? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar que estava no frasco, em contacto com a água quente, sobe e enche o balão.	2	5
O balão enche-se de ar que veio da água quente.	2	1
O balão enche-se de vapor que veio da água quente.	2	-

Ao observar que o tamanho do balão de borracha vai aumentando quando o frasco é colocado na tina com água quente, as opiniões dos alunos dividem-se, não só quanto à natureza do conteúdo do balão, como também quanto à proveniência desse mesmo conteúdo. Cerca de metade dos alunos reconhecem que o balão se enche de ar que vem do interior do frasco. Algumas respostas dadas neste sentido reflectem inclusivamente a ideia de que o ar tem movimento e, por vezes, vontade própria. Por exemplo, duas dessas respostas foram:

«Com a água quente o ar (do frasco) foi para cima. O ar estava a querer libertar-se, mas como estava o balão, o balão ficou cheio de ar» (Grupo PA).

«Um pouco do ar que estava dentro do frasco, como a água era quente, não aguentou e subiu» (Grupo PF).

Saliente-se que três alunos referem que o balão fica cheio de ar proveniente da água quente e outros dois alunos dizem que o balão enche-se de vapor vindo também da água quente. Seguem-se alguns exemplos de respostas incluídas nessas duas categorias:

«O balão está a encher-se com ar, que veio da água quente. Parece que a água quente possui ar. Penso que a água quente... Toca no frasco e depois o ar que está lá dentro, está a ser ar, começa a aquecer e a subir... Por isso, o ar sobe. Depois começa a subir para o balão» (Grupo PF).

«Sinto ar lá dentro (do balão). Foi com a água. O ar devia estar dentro da água. Não sei como passou para o balão» (Grupo PA).

«O balão tem vapor. Esse vapor veio da água. Já sei! Com a água muito quente, com a água a ferver, o frasco vai ficando quente e começa a suar, a ficar com vapor lá dentro. Esse vapor é feito de água. Apareceu no balão porque a água está a ferver e passa para dentro do frasco. Dentro do balão está vapor que vem através do frasco, sobe e enche o balão» (Grupo PA).

Quadro 4.24. *Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi aquilo que estava dentro do balão? (Número de respostas por categoria)*

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar sai do balão e entra novamente no frasco.	3	5
O ar que estava no balão desce e vai para a água.	1	-
Não sabe/ Não responde.	2	1

Quando constatarem que o volume do balão diminui a partir do momento em que se põe o frasco em contacto com uma superfície mais fria, mais de metade dos alunos reconhecem que o ar desce do balão e entra novamente no frasco. Alguns alunos acrescentam ainda a ideia de que o ar desce porque vai ficando mais frio.

Apenas uma aluna mantém a opinião que já tinha: “o ar que encheu o balão veio da água”. E ainda acrescenta que o balão fica vazio porque o ar volta a ir para dentro de água: «A quantidade de ar na garrafa e balão diminui e (o ar) ficou na água» (Grupo PA).

• 4ª Actividade:

Quadro 4.25. Como explicas que a água não caia quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
A água não cai porque o ar que está dentro da pipeta também não consegue sair e prende a água.	1	3
Porque o dedo impede que o ar do exterior empurre a água (de cima para baixo).	3	2
Porque o ar do exterior empurra a água para cima.	2	-
Não sabe/ Não responde.	-	1

Em relação à quarta actividade, as respostas dividem-se bastante quando se pergunta “por que razão a água não cai da pipeta quando a tapamos com um dedo?”. Há alunos que referem que “a água não cai porque o ar dentro da pipeta também não pode sair, prendendo a água”. Seguem-se dois exemplos de respostas que foram incluídas nesta categoria:

«Deve ser por causa do ar... Pois é que para a água sair, o ar se calhar tem que ser libertado, o ar que estava dentro da pipeta. Estava uma parte com água e outra com ar e para libertar a água, teve que se libertar o ar» (Grupo PA).

«A água está presa porque o dedo não deixa o ar passar aí por dentro. Este ar que está aqui dentro está preso e então não deixa a água cair» (Grupo PF).

Cerca de metade dos alunos referem-se ao papel do ar que está no exterior da pipeta, distinguindo-se duas opiniões que diferem no tipo de função que esse ar exerce: não pode “empurrar” a água para baixo por causa do dedo, ou impede a água de cair porque “empurra-a” de baixo para cima. Eis dois exemplos de respostas que foram incluídas nessas duas categorias:

«A água não cai porque o buraquinho é muito pequenino e não está a entrar ar por cima para empurrar a água para baixo» (Grupo PF).

«A água não cai por causa do ar, o ar que está à nossa volta... Da pipeta. Através daqui de baixo... O ar faz força para cima» (Grupo PA).

Por último, quando interrogados sobre o que faz com que a água caia da pipeta quando se destapa, mais de metade dos alunos respondem de acordo com a ideia de que é o ar que se encontra no exterior que vai entrar na pipeta e “empurrar” a água para baixo. Respostas desta categoria são, por exemplo:

«O ar empurrou a água para baixo quando eu destapei. O ar que está na atmosfera empurrou a água e a água caiu da pipeta» (Grupo PF).

«A água cai porque o ar entra. O ar que está à volta da pipeta entra por este buraco e... Vai empurrar a água para fora» (Grupo PA).

É interessante notar que dois alunos referem que a água cai porque o ar que estava na pipeta sai pelo orifício superior. Uma outra aluna diz ainda que a água cai porque sai ar do seu interior. Algumas das respostas incluídas nessas duas categorias foram, por exemplo:

«Ao destapar deixa o ar sair e a água cai. O ar vai para cima e a água vai para baixo. A pipeta fica vazia» (Grupo PA).

«É o ar que se está a espalhar e está a deitar a água fora. Espalha-se para os dois lados» (Grupo PF).

«Sai o ar, o ar todo, da água» (Grupo PF).

Quadro 4.26. Por que será preciso destapar a pipeta para a água cair? (Número de respostas por categorias)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Porque para a água cair o ar que está na pipeta tem que sair por cima.	2	1
Porque assim o ar sai de dentro da água.	-	1
Porque o ar entra por cima e “empurra” a água para baixo.	3	4
Não sabe/ Não responde.	1	-

4.2. Pergunta de investigação 2: “Que concepções são evidenciadas pelos mesmos alunos após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”? Como se comparam os resultados no pré-teste com os resultados no pós-teste?”

Para responder a esta pergunta procedeu-se exactamente como para a pergunta anterior, isto é, foram considerados os resultados obtidos num questionário e numa entrevista realizados após o ensino do tópico. O questionário administrado nesta fase foi exactamente igual ao da fase pré-teste (ver anexo nº 1). A entrevista foi conduzida com os mesmos alunos e obedeceu ao mesmo guião da primeira fase (ver anexo nº 2).

O objectivo principal desta análise é, não só, conhecer as concepções evidenciadas pelos alunos sobre alguns temas relacionados com o ar após o ensino do tópico em que se abordou esse assunto, como também estabelecer uma comparação entre as concepções reveladas na fase pré-teste e na fase pós-teste.

Essa comparação será feita para cada uma das variáveis analisadas no questionário e para cada uma das actividades desenvolvidas na entrevista, verificando-se se houve mudança nas concepções evidenciadas na fase pós-teste em relação à fase pré-teste e se essa mudança foi positiva ou negativa. A partir dos dados obtidos no questionário far-se-á ainda uma análise comparativa entre as pontuações médias obtidas antes e após o ensino, verificando-se: até que ponto houve mudança, num e noutro grupo. Os dados obtidos no questionário e na entrevista apresentam-se em separado, tal como no sub-capítulo anterior.

4.2.1. Concepções evidenciadas pelos alunos no questionário (após o ensino)

Para analisar as concepções evidenciadas pelos alunos no questionário após o ensino procedeu-se exactamente como na análise das concepções prévias ao ensino, isto é, identificaram-se as variáveis, atribuiu-se um código a cada uma e estabeleceu-se uma escala com os valores 0 e 1. As variáveis identificadas são as mesmas, havendo apenas diferença no código atribuído: em vez de iniciar pelo prefixo “pre”, começa por “pos”, seguido pelo número de ordem respectivo. Assim, os alunos obtiveram pontuações finais no questionário que também variam entre 0 e 11 pontos.

Os dados relativos a cada variável analisada são apresentados através de: um quadro onde se incluem os resultados da fase pré-teste e os da fase pós-teste de cada um dos grupos e da totalidade dos alunos inquiridos; e um gráfico onde se apresenta a percentagem de concepções alternativas evidenciadas por cada grupo de alunos na fase pré-teste e na fase pós-teste. Em relação a cada variável estudada apresenta-se sempre

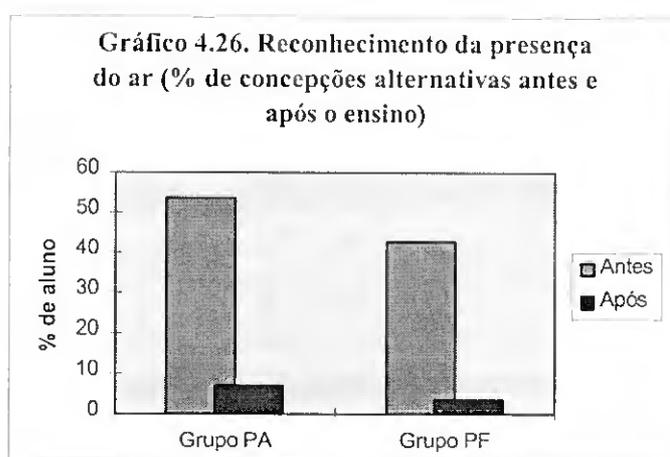
uma síntese dos resultados, onde se incluem ainda dados relativos às várias categorias de concepções alternativas evidenciadas pelo grupo de todos os alunos.

Os quadros e gráficos apresentados incluem dados respeitantes a 56 alunos (e não 58 como na análise da pergunta anterior). Isso acontece porque houve dois alunos do Grupo PF que não estiveram presentes quando se realizou o questionário na fase posterior ao ensino. Como se pretende estabelecer uma comparação entre os dados obtidos nas duas fases, ignoraram-se todos os dados relativos a esses dois alunos.

• *Variável 1: Reconhecimento da presença de ar num recipiente*

Quadro 4.27. Reconhecimento da presença de ar num recipiente (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA	55.6	15	53.6	66.7	2	7.1	44.8	13	46.4	49.1	26	92.9	50.0	28	100.0
Grupo PF	44.4	12	42.9	33.3	1	3.6	55.2	16	57.1	50.9	27	96.4	50.0	28	100.0
Total	100.0	27	48.2	100.0	3	5.4	100.0	29	51.8	100.0	53	94.6	100.0	56	100.0



Podemos verificar que, em relação ao pré-teste, houve uma diminuição considerável do número de concepções alternativas evidenciadas no pós-teste, quer no

Grupo PA, quer no Grupo PF. Existe algum equilíbrio entre os grupos quanto ao número de concepções alternativas e correctas reveladas na fase pós-teste.

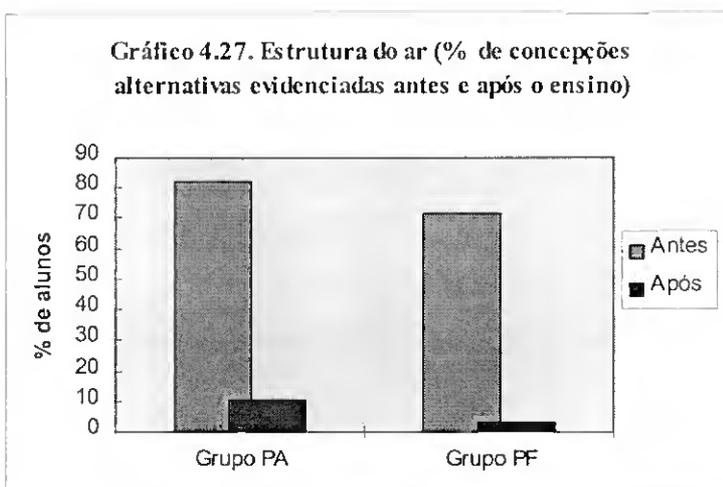
Considerando os resultados obtidos pelo conjunto de todos os alunos inquiridos, observa-se que houve evolução quanto ao número de alunos que reconhece a presença do ar num recipiente: passou de 51.8% no pré-teste para 94.6% no pós-teste. Quanto aos três alunos que ainda parecem ter concepções alternativas, dois respondem que não sabem se existe algo dentro da garrafa e o outro diz que o conteúdo da garrafa é oxigénio.

• *Variável 2: Concepção da estrutura do ar*

Quadro 4.28. Concepção da estrutura do ar (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		23		3			5			25			28		
	53.5		82.1	75.0		10.7	38.5		17.9	48.1		89.3	50.0		100.0
Grupo PF		20		1			8			27			28		
	46.5		71.4	25.0		3.6	61.5		28.6	51.9		96.4	50.0		100.0
Total		43		4			13			52			56		
	100.0		76.8	100.0		7.1	100.0		23.2	100.0		92.9	100.0		100.0

Gráfico 4.27. Estrutura do ar (% de concepções alternativas evidenciadas antes e após o ensino)



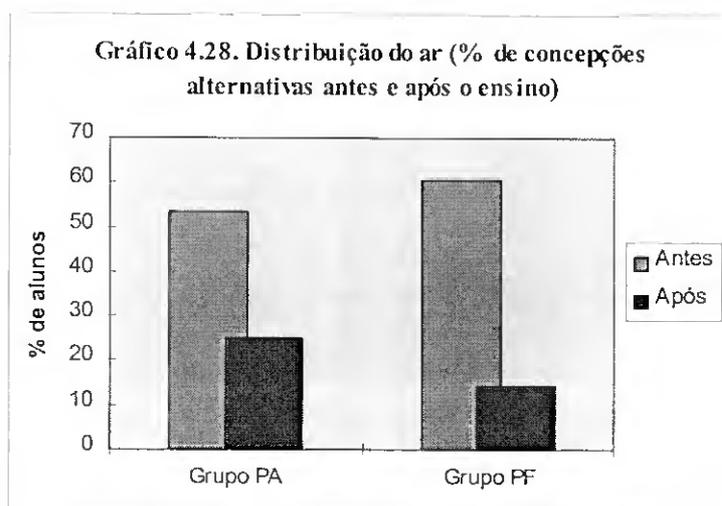
Ao observar o quadro e o gráfico anteriores pode dizer-se que, em ambos os grupos houve uma diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas. No entanto, na fase pós-teste há mais alunos do Grupo PA do que do Grupo PF que ainda revelam ter concepções alternativas.

Tendo em consideração o total de alunos inquiridos, observa-se que houve uma evolução substancial do número de concepções correctas reveladas: passou de 23.2% a 92.9%. Há quatro alunos que continuam a representar a estrutura do ar de acordo com uma concepção alternativa, desenhando-o como se fosse “matéria contínua”, isto é, não formada por partículas separadas.

• *Variável 3: Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado*

Quadro 4.29. *Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas)*

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		15			7			13			21			28	
	46.9		53.6	63.6		25.0	54.2		46.4	46.7		75.0	50.0		100.0
Grupo PF		17			4			11			24			28	
	53.1		60.7	36.4		14.3	45.8		39.3	53.3		85.7	50.0		100.0
Total		32			11			24			45			56	
	100.0		57.1	100.0		19.6	100.0		42.9	100.0		80.4	100.0		100.0



É possível verificar que, tanto no Grupo PA, como no Grupo PF, houve um decréscimo do número de concepções alternativas evidenciadas e, em consequência, um aumento do número de concepções correctas quanto à distribuição do ar no interior de um recipiente fechado. Observa-se também que, na fase pós-teste, o Grupo PA revela um maior número de concepções alternativas do que o Grupo PF.

Tomando em consideração a globalidade dos alunos que responderam ao questionário, verifica-se que a percentagem de concepções correctas demonstradas evoluiu de 42.9% para 80.4%. De entre as respostas consideradas correctas apenas quanto à distribuição do ar, houve 4.4% do tipo “matéria contínua expandida” e 95.6% do tipo “matéria corpuscular expandida”. Se considerarmos todas as respostas, verifica-se que há uma evolução no número de alunos que revelam ter concepções correctas sobre a estrutura e distribuição do ar, em simultâneo (passou de 12.1% para 76.8%).

Acrescente-se ainda que, no pequeno conjunto de alunos que ainda parecem não ter uma ideia correcta quanto a esta variável, há 81.8% que fazem uma representação do ar do tipo “matéria corpuscular concentrada” e 18.2% que o desenham como se fosse “matéria contínua concentrada”. Também foi possível observar que dentro do grupo de alunos que consideram o ar como “matéria concentrada”, continuam a existir diferenças em relação ao local do recipiente em que o ar é desenhado: 81.8% representam-no todo concentrado no fundo do recipiente (vácuo no topo) e 18.2% desenham-no no topo do recipiente (vácuo no fundo).

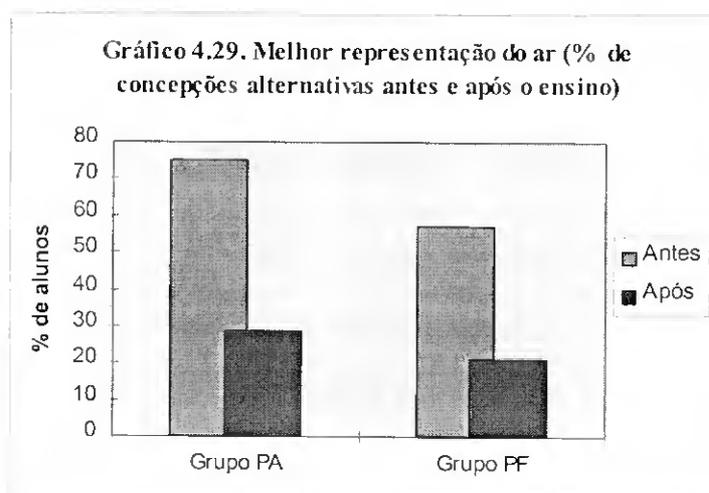
• ***Variável 4: Selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado***

Observando o quadro 4.30 e o gráfico 4.29, pode afirmar-se que também em relação a esta variável, houve uma diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas por cada um dos grupos de alunos e um consequente aumento do número de concepções correctas. Na fase pós-teste, os alunos do Grupo PA continuam a revelar que possuem mais concepções alternativas do que os alunos do Grupo PF.

Considerando o grupo de todos os alunos inquiridos, observa-se que houve um aumento do número de concepções correctas evidenciadas: passou de 33.9% para 75%. Em relação apenas às concepções alternativas reveladas, aparecem ainda várias categorias: 42.9% são do tipo “matéria corpuscular concentrada”, 42.9% são do tipo “matéria contínua expandida” e 14.2% pertencem ao tipo “matéria contínua concentrada”.

Quadro 4.30. Selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA	21			8			7			20			28		
	56.8		75.0	57.1		28.6	36.8		25.0	47.6		71.4	50.0		100.0
Grupo PF	16			6			12			22			28		
	43.2		57.1	42.9		21.4	63.2		42.9	52.4		78.6	50.0		100.0
Total	37			14			19			42			56		
	100.0		66.1	100.0		25.0	100.0		33.9	100.0		75.0	100.0		100.0



• **Variável 5: Selecção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado**

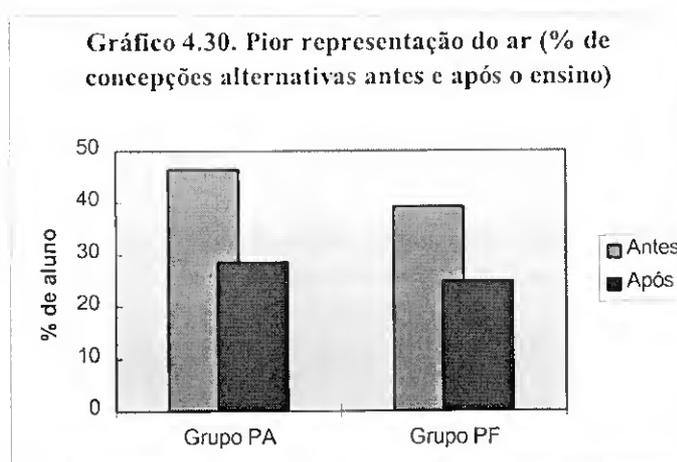
Em relação à selecção do esquema que pior representa o ar, verifica-se que houve um decréscimo do número de concepções alternativas, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF. O Grupo PA continua a evidenciar que possui mais concepções alternativas do que o Grupo PF, embora os valores sejam muito próximos.

Considerando o grupo de todos os alunos, observa-se que houve uma evolução quanto ao número de concepções correctas, o qual passou de 57.1% para 73.2%. Recorde-se que, em relação a esta variável, foram consideradas correctas as respostas que coincidiam com a categoria “matéria contínua concentrada”. De entre o grupo de

alunos que persistem em manifestar que detêm concepções alternativas em relação a esta variável, 40% seleccionam um esquema do tipo “matéria contínua expandida”, 60% escolhem um desenho que se inclui na categoria “matéria corpuscular concentrada” e ninguém opta por um esquema do tipo “matéria corpuscular expandida”.

Quadro 4.31. Selecção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		13		8			15			20			28		
	54.2		46.4	53.3		28.6	46.9		53.6	48.8		71.4	50.0		100.0
Grupo PF		11		7			17			21			28		
	45.8		39.3	46.7		25.0	53.1		60.7	51.2		75.0	50.0		100.0
Total		24		15			32			41			56		
	100.0		42.9	100.0		26.8	100.0		57.1	100.0		73.2	100.0		100.0



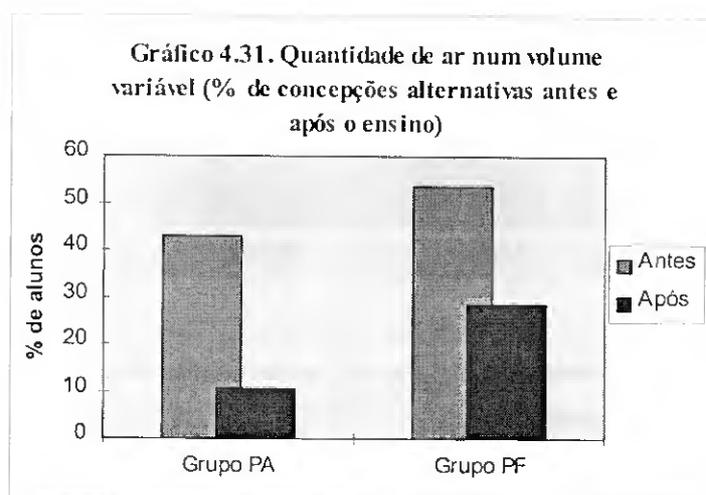
- **Variável 6: Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia**

Verifica-se que, em relação a esta variável, houve uma diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF. Os alunos do Grupo PF manifestam ter, na fase pós-teste, mais concepções alternativas do que os alunos do Grupo PA e, portanto, menos concepções correctas.

Considerando o total de alunos inquiridos, observa-se que após o ensino o número de concepções correctas evidenciadas é superior ao número de concepções alternativas e que houve um aumento de concepções correctas em relação à fase anterior ao ensino: passou de 51.8% para 80.4%. Também foi possível observar que, do conjunto de alunos que ainda parecem possuir concepções alternativas: 54.5% dizem que na fase final da experiência há menos ar dentro da seringa do que na fase inicial; 36.4% referem que na fase final há mais ar do que na fase inicial e 9.1% assinalam duas opções (menos ar e igual quantidade de ar) em simultâneo.

Quadro 4.32. Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

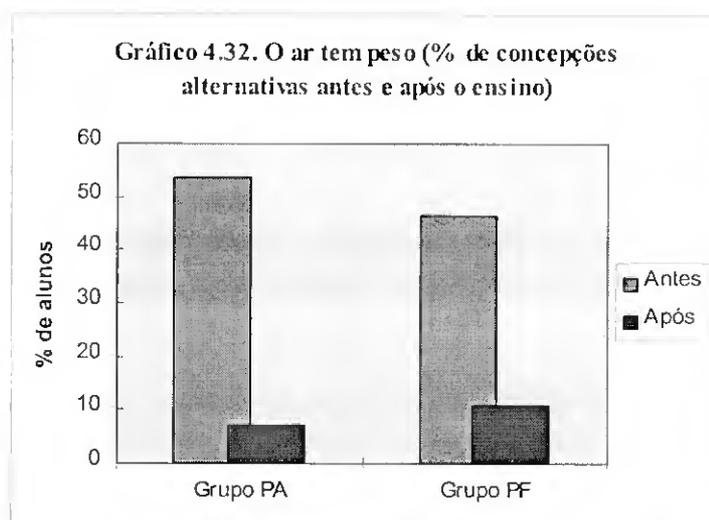
	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		12			3			16			25			28	
	44.4		42.9	27.3		10.7	55.2		57.1	55.6		89.3	50.0		100.0
Grupo PF		15			8			13			20			28	
	55.6		53.6	72.7		28.6	44.8		46.4	44.4		71.4	50.0		100.0
Total		27			11			29			45			56	
	100.0		48.2	100.0		19.6	100.0		51.8	100.0		80.4	100.0		100.0



• *Variável 7: Reconhecimento de que o ar tem peso*

Quadro 4.33. *Reconhecimento de que o ar tem peso* (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		15			2			13			26			28	
	53.6		53.6	40.0		7.1	46.4		46.4	51.0		92.9	50.0		100.0
Grupo PF		13			3			15			25			28	
	46.4		46.4	60.0		10.7	53.6		53.6	49.0		89.3	50.0		100.0
Total		28			5			28			51			56	
	100.0		50.0	100.0		8.9	100.0		50.0	100.0		91.1	100.0		100.0



Relativamente ao reconhecimento de que o ar tem peso, verifica-se que houve uma diminuição considerável do número de concepções alternativas evidenciadas, quer para o Grupo PA, quer para o Grupo PF. Também se observa que, após o ensino, os alunos do Grupo PA evidenciam ter menos concepções alternativas do que o Grupo PF e, portanto, mais concepções correctas (embora os valores sejam bastante aproximados), por isso o ganho, em termos de número de concepções correctas, foi superior no PA.

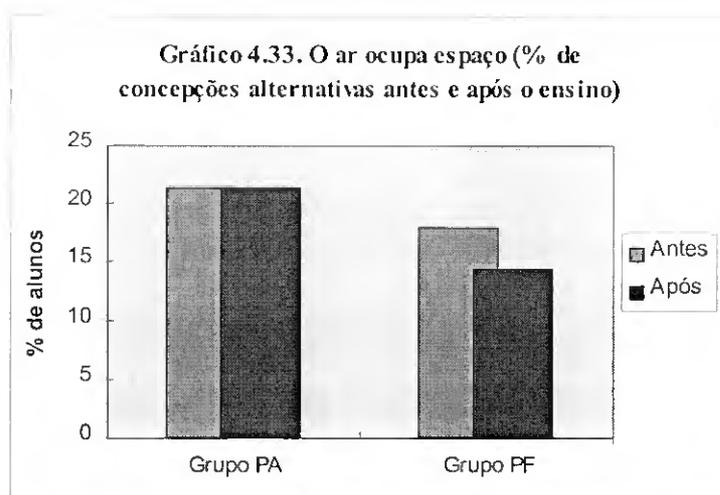
Tomando em consideração todos os alunos inquiridos, verifica-se que o número de concepções alternativas diminuiu em relação à fase pré-teste e, conseqüentemente, o número de concepções correctas aumentou. Refira-se ainda que, de entre o grupo de alunos que ainda parecem possuir concepções alternativas em relação a esta variável:

40% optam pela situação em que a balança se inclina para o lado do balão vazio e 60% escolhem a situação em que a balança está em equilíbrio.

• *Variável 8: Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão*

Quadro 4.34. Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		6			6		22		22		28		28		
	54.5		21.4	60.0		21.4	48.9		78.6	47.8		78.6	50.0		100.0
Grupo PF		5			4		23		24		28		28		
	45.5		17.9	40.0		14.3	51.1		82.1	52.2		85.7	50.0		100.0
Total		11			10		45		46		56		56		
	100.0		19.6	100.0		17.9	100.0		80.4	100.0		82.1	100.0		100.0



No que diz respeito ao reconhecimento de que o ar ocupa espaço, verifica-se que o número de concepções alternativas evidenciadas pelos alunos do Grupo PA na fase pós-teste é igual ao número de concepções alternativas reveladas na fase pré-teste. No Grupo PF há uma diminuição do número de concepções alternativas, mas muito pequena. Observa-se ainda que, após o ensino, o Grupo PF parece possuir um maior

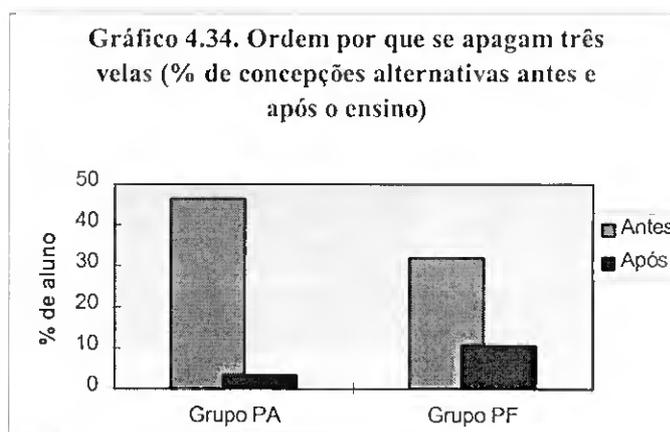
número de concepções correctas do que o Grupo PA, embora os valores sejam aproximados.

Considerando o total de alunos inquiridos, pode dizer-se que não há grandes diferenças entre as fases pré-teste e pós-teste, pois o número de concepções alternativas evidenciadas praticamente não variou. Saliente-se ainda que, no grupo de alunos que manifestam ter concepções alternativas na fase final: 70% dizem que é preciso destapar a seringa “para o ar entrar antes da água sair”; e os restantes 30% dividem-se igualmente por três tipos diferentes de respostas (“para que a água saia mais rapidamente”, “para o ar entrar por onde a água sai” e “não sei”)

- *Variável 9: Selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes*

Quadro 4.35. *Selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes (Número e percentagem de concepções evidenciadas)*

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA	59.1	13	46.4	25.0	1	3.6	44.1	15	53.6	51.9	27	96.4	50.0	28	100.0
Grupo PF	40.9	9	32.1	75.0	3	10.7	55.9	19	67.9	48.1	25	89.3	50.0	28	100.0
Total	100.0	22	39.3	100.0	4	7.1	100.0	34	60.7	100.0	52	92.9	100.0	56	100.0



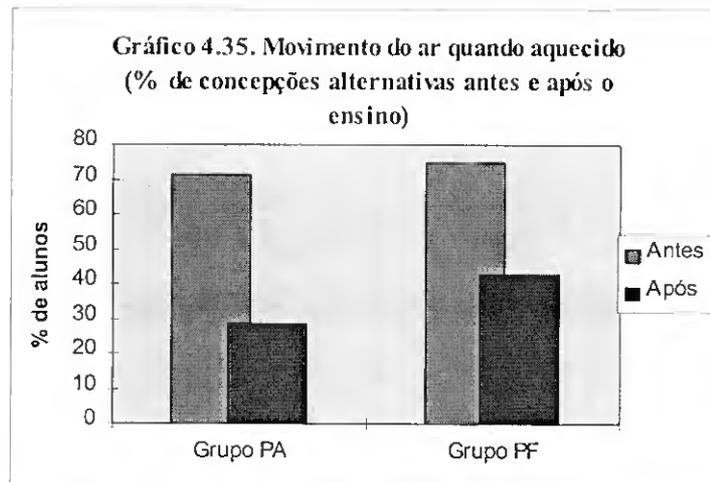
A partir do quadro 4.35. e do gráfico 4.34. podemos verificar que houve uma diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas, quer pelo Grupo PA, quer pelo Grupo PF. Apesar de na fase pré-teste o Grupo PA apresentar indícios de possuir um maior número de concepções alternativas do que o Grupo PF, na fase pós-teste a situação inverteu-se e é este segundo grupo o que apresenta agora um maior número de concepções alternativas.

Considerando todos os alunos inquiridos, pode afirmar-se que após o ensino o número de concepções correctas reveladas é bastante superior ao número de concepções alternativas. Esse número evoluiu em relação à fase anterior ao ensino: passou de 60.7% para 92.9%. No que diz respeito aos quatro alunos que ainda demonstram ter concepções alternativas em relação à ordem por que se apagam as velas, pode acrescentar-se que: dois deles escolhem a ordem vela na caixa aberta-vela na caixa pequena fechada-vela na caixa grande fechada; um opta pela ordem vela na caixa pequena fechada-vela na caixa aberta-vela na caixa grande fechada; e o outro aluno selecciona a ordem vela na caixa aberta-vela na caixa grande fechada-vela na caixa pequena fechada (a ordem contrária à correcta).

• *Variável 10: Concepção da expansão e movimento do ar quando é aquecido*

Quadro 4.36. *Concepção do movimento por expansão do ar quando é aquecido*
(Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		20			8		8			20				28	
	48.8		71.4	40.0		28.6	53.3		28.6	55.6		71.4	50.0		100.0
Grupo PF		21			12		7			16				28	
	51.2		75.0	60.0		42.9	46.7		25.0	44.4		57.1	50.0		100.0
Total		41			20		15			36				56	
	100.0		73.2	100.0		35.7	100.0		26.8	100.0		64.3	100.0		100.0



Verifica-se que, em relação às ideias dos alunos acerca do comportamento do ar quando é aquecido, há uma diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas por ambos os grupos na fase pós-teste, comparativamente com a fase pré-teste, parecendo essa diminuição ser superior no Grupo PA.

Tendo em consideração a totalidade de alunos inquiridos pode afirmar-se que houve um aumento do número de concepções correctas reveladas: passou de 26.8% para 64.3%. Quanto aos alunos que ainda persistem em responder segundo uma concepção alternativa, pode acrescentar-se que: 55% desses alunos dizem que o tamanho do balão de borracha aumentou porque “o ar que estava no interior da garrafa ficou mais apertado”; 20% afirmam que “a quantidade de ar no interior da garrafa aumentou”; e os restantes 25% repartem-se igualmente por outras justificações, tais como, “o tamanho da garrafa diminuiu”; “a água aqueceu a garrafa e criou vapor que foi para o balão”; “o ar subiu porque queria sar”; “a água quente aqueceu algum ar, que fez subir o ar frio que foi para o balão”; e “a água com o calor evaporou-se” (as últimas quatro justificações foram apresentadas na opção “tenho outra ideia”).

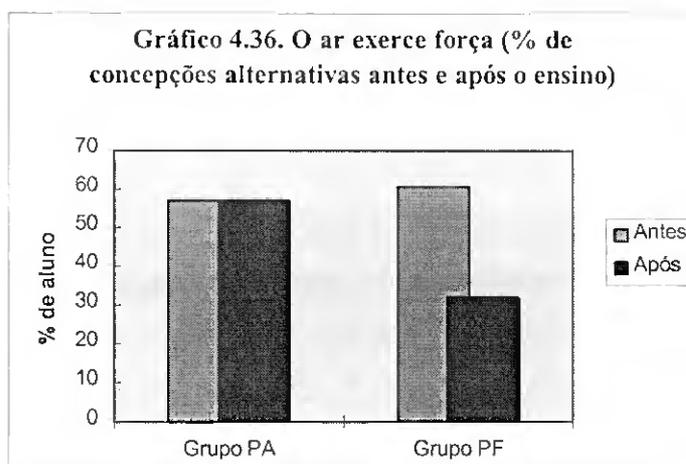
- ***Variável 11: Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos***

Em relação às ideias reveladas pelos alunos em relação ao fenómeno da ventosa que fica segura na parede da sala de aula, verifica-se que no Grupo PA o número de concepções alternativas evidenciadas é igual antes e após o ensino e que no Grupo PF há uma certa diminuição. Na fase pós-teste verifica-se que o Grupo PF apresenta um maior número de concepções correctas do que o Grupo PA, o que não acontecia na fase pré-teste.

Quadro 4.37. Reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos (Número e percentagem de concepções evidenciadas)

	Concepções Alternativas						Concepções Correctas						Total pré e pós		
	pré-teste			pós-teste			pré-teste			pós-teste					
	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila	%col.	N	%fila
Grupo PA		16			16			12			12			28	
	48.5		57.1	64.0		57.1	52.2		42.9	38.7		42.9	50.0		100.0
Grupo PF		17			9			11			19			28	
	51.5		60.7	36.0		32.1	47.8		39.3	61.3		67.9	50.0		100.0
Total		33			25			23			31			56	
	100.0		58.9	100.0		44.6	100.0		41.1	100.0		55.4	100.0		100.0

Considerando o número total de alunos inquiridos, observa-se que o número de concepções correctas evoluiu: passou de 41.1% para 55.4%. Em consequência, o número total de concepções alternativas evidenciadas diminuiu. Refira-se ainda que, de entre os alunos que, na fase pós-teste revelam possuir concepções alternativas, 48% dizem que a ventosa fica segura na parede porque “não existe ar no exterior da ventosa e existe ar entre a parede e a ventosa”; 28% afirmam que “a borracha da ventosa cola à parede”; 12% referem que “a parede é puxada pela ventosa”; e os restantes 12% dividem-se igualmente por três outras justificações, designadamente: “a ventosa é puxada pela parede”; “o ar puxa a ventosa contra a parede”; e “o ar que está entre a parede e a ventosa faz pressão” (estas duas últimas justificações foram apresentadas na opção “tenho outra ideia”).



• *Pontuações obtidas pelos alunos no questionário (antes e após o ensino)*

Depois de apreciadas as onze variáveis que foi possível analisar ao longo do questionário, pode agora verificar-se como se distribuíram as pontuações finais obtidas pelos alunos dos dois grupos no questionário, comparando os resultados do pós-teste com os resultados do pré-teste.

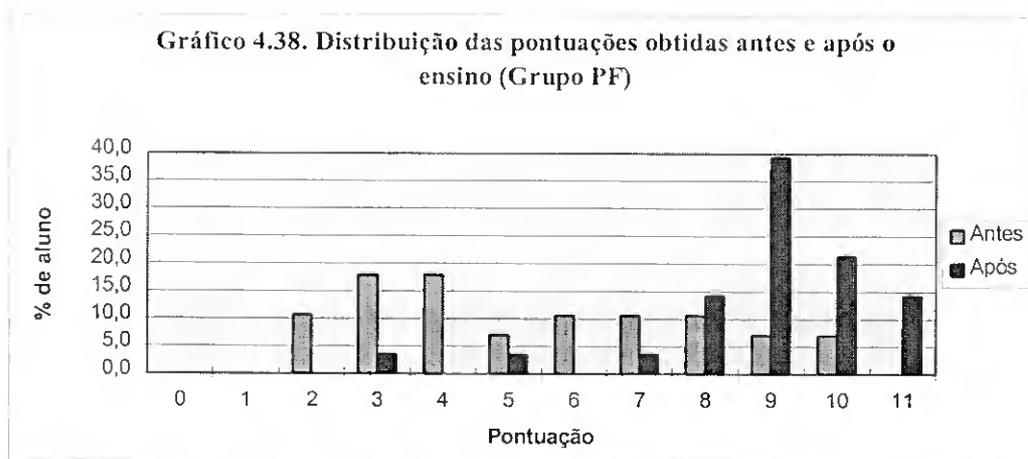
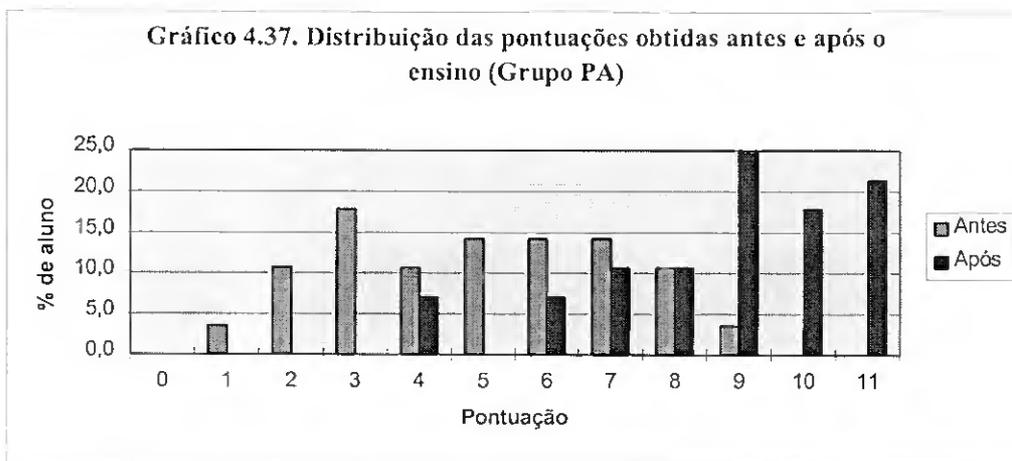
Quadro 4.38. Distribuição das pontuações obtidas no questionário (antes e após o ensino)

Pontuação obtida	Grupo PA				Grupo PF				Total			
	Pré-teste		Pós-teste		Pré-teste		Pós-teste		Pré-teste		Pós-teste	
	N	% col.										
0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	1	3.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	1.8	0	0.0
2	3	10.7	0	0.0	3	10.7	0	0.0	6	10.7	0	0.0
3	5	17.9	0	0.0	5	17.9	1	3.6	10	17.9	1	1.8
4	3	10.7	2	7.1	5	17.9	0	0.0	8	14.3	2	3.6
5	4	14.3	0	0.0	2	7.1	1	3.6	6	10.7	1	1.8
6	4	14.3	2	7.1	3	10.7	0	0.0	7	12.5	2	3.6
7	4	14.3	3	10.7	3	10.7	1	3.6	7	12.5	4	7.1
8	3	10.7	3	10.7	3	10.7	4	14.3	6	10.7	7	12.5
9	1	3.6	7	25.0	2	7.1	11	39.3	3	5.4	18	32.1
10	0	0.0	5	17.9	2	7.1	6	21.4	2	3.6	11	19.6
11	0	0.0	6	21.4	0	0.0	4	14.3	0	0.0	10	17.9
Total	28	100.0	28	100.0	28	100.0	28	100.0	56	100.0	56	100.0
Média	4.964		8.714		5.429		8.929		5.196		8.821	
D. padrão	2.186		2.016		2.516		1.741		2.347		1.869	

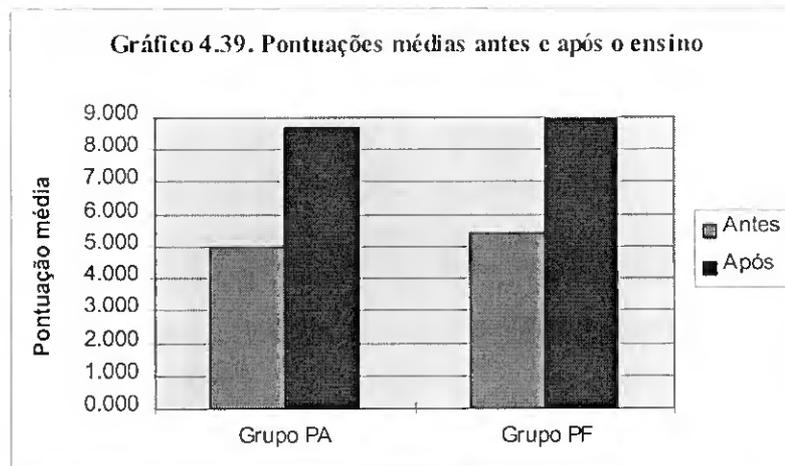
Verifica-se pelo quadro 4.38. que na fase pós-teste as pontuações obtidas variam entre 4 e 11 pontos no Grupo PA e entre 3 e 11 pontos no Grupo PF. As pontuações mais frequentes situam-se entre 9 e 11 pontos no Grupo PA e entre 9 e 10 pontos no

Grupo PF. Os gráficos 4.37. e 4.38. mostram a distribuição das pontuações obtidas antes e após o ensino, pelo Grupo PA e pelo Grupo PF, respectivamente.

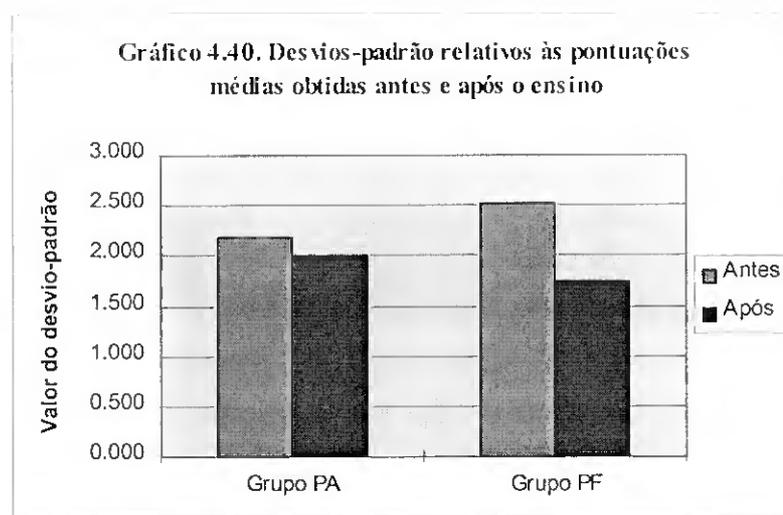
Considerando o número total de alunos pode afirmar-se que as pontuações obtidas na fase pós-teste oscilam entre 3 e 11 pontos, sendo as de maior frequência as que se situam entre 9 e 11 pontos.



No que concerne à pontuação média obtida por cada grupo de alunos, verifica-se que o valor médio do pós-teste subiu bastante em relação ao pré-teste, tanto no Grupo PA como no Grupo PF. No Grupo PA a pontuação média sofreu um aumento de 4.964 para 8.714 e no Grupo PF subiu de 5.429 para 8.929. Portanto, após o ensino, o Grupo PF continuou a obter uma pontuação média superior ao Grupo PA, mas a diferença entre os dois grupos no pós-teste é inferior à diferença no pré-teste - parece que o ganho no Grupo PA foi, em média, superior ao do PF (este facto pode ser também detectado no gráfico 4.39). Considerando o grupo de todos os alunos inquiridos, verifica-se que o valor médio da pontuação subiu de 5.196 para 8.821.



Quanto aos valores do desvio-padrão relativos àquelas pontuações médias, verifica-se que houve um decréscimo em ambos os grupos, o que revela que os resultados na fase pós-teste estão menos dispersos do que na fase pré-teste. No Grupo PA o valor do desvio-padrão passou de 2.186 para 2.016; no Grupo PF desceu bastante mais, pois passou de 2.516 para 1.741, o que revela uma maior homogeneidade dos resultados obtidos pelos alunos deste grupo na fase pós-teste. Tomando em consideração o conjunto de todos os alunos inquiridos, verifica-se que o valor do desvio-padrão desceu de 2.347 para 1.869, o que mostra que os resultados foram menos dispersos na fase pós-teste, relativamente à fase pré-teste.



4.2.2. Concepções evidenciadas pelos alunos nas entrevistas (após o ensino)

Após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar” foram novamente conduzidas entrevistas com os 12 alunos que haviam sido entrevistados antes do ensino. As actividades desenvolvidas durante a entrevista foram as mesmas, obedecendo-se assim ao mesmo guião de entrevista. As respostas dos alunos foram categorizadas em termos da explicação dada e organizadas em quadros, separando-se os dados do Grupo PA dos do Grupo PF. Esses quadros apresentam-se em seguida, acompanhados de um comentário, comparando-se com os resultados obtidos nas entrevistas conduzidas antes do ensino.

- *1ª Actividade:*

Quadro 4.39. *O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás? (Número de respostas por categoria)*

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
A seringa fica com ar vindo do exterior.	3	4
A seringa fica com mais ar (já continha algum).	2	-
O êmbolo puxou o ar para dentro da seringa.	1	1
O ar que estava dentro da seringa sai.		1

A maior parte dos alunos entrevistados reconhece que, ao puxar o êmbolo para trás, entra ar na seringa. Há dois alunos do Grupo PA que afirmam que, mesmo antes de se puxar o êmbolo, já existia algum ar na seringa, e que ao puxá-lo, a quantidade de ar no seu interior aumenta. Há dois alunos que dizem que o ar entra porque é o êmbolo que o puxa para o interior da seringa. Há apenas uma aluna que refere que no início havia ar na seringa e que, ao puxar o êmbolo para trás, esse ar sai.

Comparando estas respostas com as que foram dadas pelos mesmos alunos antes do ensino do tópico, verifica-se que surge agora uma categoria de resposta que não existia, que é a que transmite a ideia do êmbolo ter uma acção sobre o ar, puxando-o.

Quadro 4.40. *Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa. (Número de respostas por categoria)*

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é uma matéria formada por partículas	6	6

Todos os alunos representaram o ar como se fosse formado por partículas, recorrendo a pontos ou bolinhas separadas umas das outras. Saliente-se que todos preencheram totalmente o interior da seringa, não manifestando a ideia do ar estar concentrado em alguma zona específica da seringa, mas sim espalhado por todo o espaço.

Comparando estes resultados com os que se obtiveram antes do ensino do tópico, verifica-se que todos os alunos mudaram o tipo de representação do ar: tinham-no desenhado como se fosse matéria contínua e agora representam-no como matéria corpuscular.

Quadro 4.41. *Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar? A quantidade de ar no interior da seringa aumenta, diminui ou mantém-se? (Número de respostas por categoria)*

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é o mesmo, mas mais “apertado”.	6	5
O ar fica mais “apertado”, mas saíu algum.		1

Verifica-se que quase todos os alunos entrevistados referem que o ar que se encontra no interior da seringa é o mesmo, mas esse ar fica mais “apertado”. Grande parte dos alunos utiliza a expressão “o ar faz força” ou “exerce pressão” quando se comprime o êmbolo. Duas respostas reveladoras dessa ideia são, por exemplo:

«Sente-se uma força que não deixa o ar sair. Isto está tapado, não deixa o ar sair e o ar está a fazer força. O ar está apertado. Porque o ar aqui, quando está assim tem ar, só que está mais solto. Aqui tem a mesma quantidade de ar só que o ar fica muito apertado e tem muita força.» (Grupo PA).

«Sinto que o ar está a fazer pressão, sinto que o ar encolheu. Porque o ar continua o mesmo, mas eu ao empurrar o êmbolo, o ar encolheu. (...) Quando a seringa está toda aberta, aí tem mais volume, mas quando nós tapamos o burquinho e pomos o êmbolo o mais para dentro possível, o volume fica mais pequeno. A pressão é diferente, porque faz menos pressão quando o êmbolo está todo para fora e o burquinho está destapado, mas quando se tapa e empurramos o êmbolo, fica mais... Faz mais pressão.» (Grupo PF).

A aluna que refere que o ar fica mais “apertado” mas saíu algum, justifica-se dizendo: «Sente-se que o ar está a sair. Sente-se o ar a querer sair no burquinho. É

menos ar. Na primeira situação o ar espalhou-se, na segunda o ar ficou mais apertado. Na segunda é menos ar.» (Grupo PF).

Comparando estes resultados com os obtidos antes do ensino do tópico, verifica-se que aumentou o número de alunos que dizem que no interior da seringa está o mesmo ar, só que está mais “apertado”. A outra categoria de resposta, que revela a ideia que saiu algum ar da seringa, também já existia antes do ensino.

Quadro 4.42. *Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido).* (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar é formado por partículas.	6	6
(seringa preenchida por pontos mais juntos).	(5)	(5)
(seringa preenchida por pontos com o mesmo espaço)	(1)	(1)
O ar ocupa um volume menor.	6	6

Em relação ao esquema que representa o ar na situação de compressão, verifica-se que todos os alunos representaram o ar nesta segunda situação como na primeira, ou seja, formado por partículas. A maioria dos alunos teve o cuidado de desenhar os pontos ou bolinhas mais juntos uns dos outros do que na primeira situação. Apenas dois alunos deixaram um espaço entre partículas igual ao do primeiro desenho. Todos os alunos representaram o ar distribuído por um espaço interior da seringa menor do que o da primeira situação, dando a ideia que o volume diminui.

Quando se perguntou a cada um dos alunos como se pode observar no desenho que o ar na segunda situação está mais “apertado” do que na primeira situação, quase todos referem que tiveram o cuidado de fazer os pontinhos mais juntos, deixando menos espaços em branco entre eles. Duas justificações que revelam essa ideia são, por exemplo:

«Na primeira o ar está igual a este, só que está menos apertado do que este, por isso está mais espalhado. Está algum espaço assim em branco, porque o ar está mais à vontade. E aqui o ar está... Parece que está em maior quantidade, só que não está, é igual só que está mais apertado. Aqui vê-se as partículas do ar quase tudo junto, tudo apertado. E este aqui não, vê-se que está tudo mais... Há mais espaço.» (Grupo PA).

«No primeiro desenho eu fiz o ar mais à larga, com mais espaço. E no segundo desenho, fiz o ar mais apertado. É que no primeiro, o êmbolo está para cima e o ar entra, está lá dentro, está normal. Circula lá o ar e isso... Mas no segundo eu tapei o

buraquinho e o mesmo ar continua lá dentro, mas eu empurrei o êmbolo e o ar encolheu-se. Eu fiz as bolinhas mais apertadinhas, mais juntinhas.» (Grupo PF).

Comparando estes resultados com os que se obtiveram antes do ensino do tópico, verifica-se houve uma grande mudança em relação à ideia que os alunos têm da estrutura e natureza do ar: praticamente todos tinham a ideia do ar como “matéria contínua”, o que não se verifica nesta fase em nenhum aluno inquirido. No que diz respeito ao volume que o ar ocupa, também se observa que os poucos alunos que, antes do ensino, tinham representado o ar na segunda situação num volume igual ao da primeira situação, já não o fazem na entrevista realizada após o ensino.

Quadro 4.43. Existe alguma coisa entre as partículas de ar? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Não existe nada entre as partículas de ar.	4	1
Também existe ar entre as partículas (não há espaços vazios).	2	4
Não sabe.	-	1

Observa-se que, apesar de todos os alunos terem deixado espaços em branco nos seus desenhos, nem todos admitem que nesses espaços não existe nada. Metade dos alunos inquiridos dizem que nesses espaços também há ar. Quando questionados sobre por que razão, então, não preencheram toda a seringa, apareceram algumas respostas interessantes, como por exemplo:

«Porque existem partículas mais pequeninas do que essas... De ar. É tudo ar.» (Grupo PA).

«Pode ser outras partes do ar que não se consiga ver. Ou o ar que... Umhas partes do ar que não se consiga ver... São outras. Sim, pode ser ar, também. Se estivesse tudo cheio, isto quase não andava.» (Grupo PA).

«Existe também ar, está tudo cheio de ar. Porque há umas partes em que o ar até pode estar aí dentro e outras que não está. Porque pode-se apertar! Porque ocupa espaço, mas também pode alargar. É elástico.» (Grupo PF).

«Existe ar também. Não valia a pena preencher tudo.» (Grupo PF).

Comparando estes resultados com os que se obtiveram antes do ensino, observa-se que aumentou o número de alunos do Grupo PA que reconhecem que nada existe entre as partículas de ar e que diminuiu o número de alunos deste grupo que dizem não saber a resposta.

2ª Actividade:

Quadro 4.44. Qual é a diferença entre os balões? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Um balão está vazio (não tem ar) e o outro está cheio de ar.	6	6

Todos os alunos conseguiram dizer que a diferença entre os balões é a quantidade de ar que se encontra no seu interior. Estes resultados coincidem totalmente com os que se obtiveram na entrevista realizada antes do ensino.

Quadro 4.45. O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O balão cheio desce (é o mais pesado).	6	6

Todos os alunos previram correctamente que a balança iria pender para o lado do balão cheio, isto é, para o balão que contém uma maior quantidade de ar. Em relação aos resultados obtidos antes do ensino, verifica-se que houve um aumento dos alunos que mudaram para esta opinião, uma vez que muitos tinham a ideia prévia de que o balão cheio de ar seria mais leve do que o outro.

Quadro 4.46. O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O balão cheio desce porque o ar tem peso.	6	6

Todos os alunos justificam o facto da balança se inclinar sempre para o lado do balão com mais ar, dizendo que o ar tem peso e quanto mais ar contiver o balão, mais pesado se torna. Estes resultados coincidem quase totalmente com os resultados obtidos

antes do ensino, pois apenas um aluno havia dito que não sabia por que razão descia o balão cheio em relação ao balão vazio.

• *3ª Actividade:*

Quadro 4.47. *Ao colocar o frasco na tina com água quente o que acontece? De que se enche o balão de borracha? (Número de respostas por categoria)*

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar que estava no frasco, em contacto com a água quente, aquece, sobe e enche o balão.	4	3
O ar que está no frasco, em contacto com a água quente, transforma-se em vapor de água e enche o balão.	-	2
O ar do exterior, com o aquecimento, entra no frasco e enche o balão.	1	-
A água quente aquece algum ar do frasco e empurra o ar frio para o balão.	-	1
O balão enche-se de vapor que veio da água quente.	1	-

Ao observar que o volume do balão aumenta quando se coloca o frasco na tina com água quente, mais de metade dos alunos reconhecem que o balão se enche de ar que vem do interior do frasco, devido ao aumento da temperatura das paredes do frasco, que, por sua vez, aquece o ar e é por isso que ele se movimenta. Quase todos referem que esse movimento se faz apenas de baixo para cima e que o ar sai do frasco (todo ou quase todo) e vai encher o balão. Algumas respostas que revelam essas ideias são, por exemplo:

«Como o ar não está muito bem quente, o ar que estava dentro da garrafa vai começar a ir para cima, para tentar sair, e ao tentar sair, como o balão de borracha está a tapar a saída, o balão de borracha como é elástico, começa a encher. O ar não está só a empurrar para cima onde está o balão de borracha, está a empurrar para todos os lados. (...) Há bocado estava o ar praticamente todo na garrafa e agora, com o quente que estava na garrafa, o ar ficou quase todo no balão e a garrafa ficou quase sem nenhum.» (Grupo PA).

«A água a ferver, com o ar frio, o ar sobe para o balão, o ar que está no frasco. Porque a água quente... Com o frasco dentro dessa água a escaldar, o ar que está aí dentro vai para cima. Quer dizer que vai para dentro do balão. O frasco dentro da água

quente, o ar não aguenta dentro dessa água a ferver. O ar vai para dentro do balão. É o ar... Não é só a água, mas quando se mete em cima de coisas quentes, o ar movimentar-se para outros sítios.» (Grupo PF).

Saliente-se que dois alunos referem que o ar do frasco, em contacto com a água quente, transforma-se em vapor de água e enche o balão. Outro aluno também diz que o balão se enche de vapor, mas que este provém da água quente. Há uma aluna que afirma que o ar que está no exterior do frasco entra e vai encher o balão. Finalmente, um aluno diz que a água quente aquece algum ar e é este que empurra para o balão algum ar frio. Alguns exemplos destas afirmações são apresentados seguidamente:

«O ar, como vai sentir o calor da água vai-se fazer em vapor de água e o balão começa a encher. (...) O ar que estava na garrafa vai sentindo o calor da água, vai indo para cima e enchendo o balão, e a garrafa vai ficando com menos ar. (...) O ar ficou mais quente e transformou-se em vapor de água.» (Grupo PF).

«O balão vai encher porque a água quente aquece algum ar, o ar que está dentro do frasco. E depois empurra o ar frio para o balão. A água quente vai aquecer algum ar que está dentro do frasco. Depois o ar frio que está dentro do frasco, também vai para o balão e vai ser empurrado pelo ar quente.» (Grupo PF).

«O balão vai enchendo de ar porque o vidro vai aquecendo e o ar vai lá para dentro, e depois vai enchendo o balão. Esse ar estava cá fora.» (Grupo PA).

«O balão vai encher de ar, o que vai vir da água quente. Porque mesmo quente, é tão quente que consegue que o vapor da água quente consegue entrar através da garrafa.» (Grupo PA).

Comparando estes resultados com os que se obtiveram na entrevista realizada antes do ensino, verifica-se que aumentou o número de alunos do Grupo PA que dizem que o ar que vai encher o balão é proveniente do frasco e que esse fenómeno se deve ao aumento da temperatura. Pelo contrário, no Grupo PF diminui o número de alunos que revela pensar dessa maneira. No entanto, verifica-se que após o ensino persistem várias ideias alternativas, como por exemplo, que o balão vai encher-se de vapor de água ou que o ar consegue atravessar as paredes do frasco de vidro.

Quadro 4.48. Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi o que estava dentro do balão? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
O ar sai do balão e entra novamente no frasco.	6	6

Todos os alunos referem que ao retirar o frasco da tina com água quente, o ar volta à posição inicial, ou seja, sai do balão e entra novamente no frasco. Há algumas respostas que, além de transmitirem esta ideia, revelam outras ideias igualmente interessantes (mais ou menos correctas) como, por exemplo:

«O balão vai desencher porque o ar vai voltar para baixo. O ar é o mesmo, é o mesmo que estava no início. Vimos o balão a encher e o ar em movimento... Por todos os lados. Se ficar mais frio não se movimenta tanto, fica em repouso. Movimenta-se para baixo. O ar movimenta-se de cima para baixo ou de baixo para cima, por todos os lados.» (Grupo PA).

«O ar que está no balão vem para baixo, mas vai haver algum ar que se quer soltar, cá para fora para a temperatura ambiente.» (Grupo PF).

Comparando estas respostas com as que foram dadas antes do ensino do tópico, verifica-se que aumentou o número de alunos do Grupo PA que dizem que o ar volta a entrar novamente no frasco. Já não existem alunos a responder que não sabem a resposta ou que parecem pensar que o ar do balão entra na água, tal como acontecia na fase pré-teste.

4ª Actividade:

Verifica-se que as explicações apresentadas pelos alunos dividem-se bastante, embora mais de metade dos inquiridos reconheçam que existe algo (que é o ar) que impede que a água caia porque faz força de baixo para cima. Em seguida, transcrevem-se alguns exemplos de afirmações incluídas nas várias categorias de resposta:

«Porque o ar que está aqui dentro está a fazer pressão para baixo. E o ar que está espalhado na sala está a fazer pressão para cima.» (Grupo PA).

«A água fica parada e não entra, porque o ar está a prender, o que está por baixo da pipeta, não deixa a água movimentar-se, não deixa ela vir para baixo, mas o ar que está nesta ponta pesa mais do que a água. (...) O que está a prender é o ar que está dentro da pipeta, porque o ar que está cá dentro quer descer cá para baixo e a água não deixa.» (Grupo PF).

«Por causa do ar, o ar não deixa a água cair para fora, o ar que está na pipeta. Pode puxar a água, mas acho que é também o ar que está cá fora que empurra a água para cima. (...) Puxou-se a água para cima e depois o ar que ficou cá dentro estava a puxar também para cima.» (Grupo PA).

«É que o ar da atmosfera faz pressão sobre esse buraquinho porque nós temos o buraquinho de cima fechado e o bocado de ar que está dentro da pipeta também faz

pressão. Então, fazendo os dois pressão, a água fica suspensa naquele sítio, de baixo para cima.» (Grupo PF).

«O ar que está aqui à nossa volta faz pressão e como o orifício é muito pequeno, é muito raro cair água. (...) Porque não está nenhum ar a entrar por cima. Faz pressão para cima.» (Grupo PA).

«Para o ar não entrar pela parte de cima e levar a água para baixo. E depois está aqui ar também neste, que está a fazer pressão para cima, para a água não cair... Que o ar também faz pressão. O dedo está a não deixar entrar ar para dentro da pipeta para fazer pressão à água.» (Grupo PF).

«O ar impede que... A água saia, o ar que está na pipeta. É o ar que está dentro da pipeta.» (Grupo PF).

Quadro 4.49. Como explicas que a água não caia quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
A água não cai porque o ar que está na pipeta faz pressão para baixo, mas o ar do exterior faz mais pressão para cima (a água fica presa).	2	2
O ar que está na pipeta puxa a água para cima e o ar do exterior faz pressão também para cima.	1	2
O dedo impede que o ar do exterior entre na pipeta e empurre a água (de cima para baixo)	3	1
O ar que está dentro da pipeta impede que a água saia.	-	1

Comparando estas respostas com as que foram dadas antes do ensino do tópico, verifica-se que não há grandes mudanças entre as ideias evidenciadas na fase pré-teste e as ideias evidenciadas na fase pós-teste. Muitos alunos continuam a dizer que a água não sai da pipeta, devido à acção do ar que se encontra no seu interior. Essa acção é caracterizada com as palavras “puxar” ou “prender” a água na pipeta.

Relativamente à explicação apresentada para a necessidade de destapar a pipeta para a água cair, quase todos os alunos foram capazes de dizer que é necessário destapá-la para que o ar do exterior possa entrar na pipeta (por cima) e fazer com que a água saia (por baixo). Alguns alunos usam a palavra “força”, outros referem “pressão” e há também quem diga que é o “peso” do ar e da água que fazem com que a água saia da pipeta. Há apenas uma aluna que explica este fenómeno dizendo que, ao destapar a

pipeta, o ar vai poder entrar pelo orifício inferior, espalhando-se no seu interior. Seguem-se alguns exemplos de afirmações correspondentes a esta pergunta:

Quadro 4.50. Por que será preciso destapar a pipeta para a água cair? (Número de respostas por categoria)

Categorias de resposta	Grupo PA	Grupo PF
Porque o ar entra por cima e empurra a água para baixo.	5	6
Para o ar entrar por baixo e o ar que estava dentro da pipeta poder espalhar-se.	1	-

«Quando nós destapamos em cima, o ar, e com o outro ar que está empurrando este que está na pipeta, o ar torna-se mais forte que a água, fica em maior quantidade e com o peso também, faz a água cair.» (Grupo PA).

«Vai entrar mais ar para o buraco superior e vai fazer mais pressão para a água cair e a água cai. (...) Quando a pessoa destapa o buraco superior, como entra mais ar faz a água vir para baixo e depois o ar que vem de baixo para cima não consegue fazer tanta força para a água ficar aí.» (Grupo PF).

«A água caiu, para depois o ar que estava a empurrar (por baixo) ir para dentro. (...) O ar espalha-se, então já não faz mais força, o ar que está lá dentro.» (Grupo PA).

Comparando estes resultados com os que se obtiveram antes do ensino do tópico verifica-se que quase todos os alunos modificaram as suas opiniões, dizendo agora que é necessário destapar a pipeta para que o ar possa entrar pelo orifício superior, fazendo com que a água saia pelo orifício inferior.

4.3. Pergunta de investigação 3: “Existem diferenças entre os sexos feminino e masculino no que respeita às concepções evidenciadas pelos alunos?”

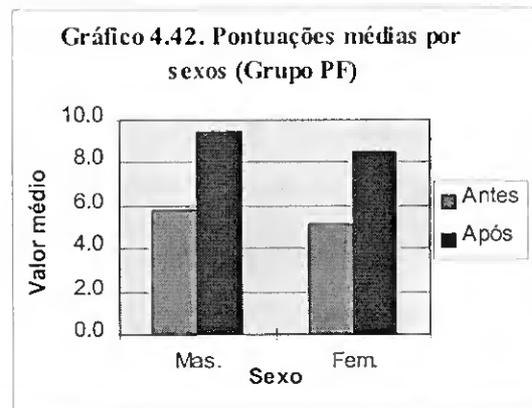
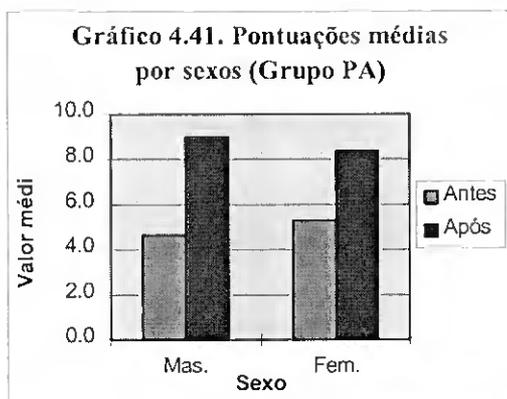
No quadro 4.51. podemos observar como se distribuem as pontuações obtidas pelos alunos do sexo masculino e do sexo feminino no questionário realizado antes do ensino e no questionário realizado após o ensino.

Quadro 4.51. Distribuição das pontuações obtidas no pré-teste e no pós-teste (por grupo e por sexo)

Pontuação obtida	Grupo PA								Grupo PF							
	pré-teste				pós-teste				pré-teste				pós-teste			
	mas.		fem.		mas.		fem.		mas.		fem.		mas.		fem.	
	N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.
0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	1	6.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	1	6.7	2	15.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	20.0	0	0.0	0	0.0
3	3	20.0	2	15.4	0	0.0	0	0.0	4	30.8	1	6.7	0	0.0	1	6.7
4	2	13.3	1	7.7	1	6.7	1	7.7	2	15.4	3	20.0	0	0.0	0	0.0
5	2	13.3	2	15.4	0	0.0	0	0.0	1	7.7	1	6.7	0	0.0	1	6.7
6	3	20.0	1	7.7	1	6.7	1	7.7	1	7.7	2	13.3	0	0.0	0	0.0
7	2	13.3	2	15.4	0	0.0	3	23.1	1	7.7	2	13.3	0	0.0	1	6.7
8	1	6.7	2	15.4	2	13.3	1	7.7	1	7.7	2	13.3	3	23.1	1	6.7
9	0	0.0	1	7.7	4	26.7	3	23.1	1	7.7	1	6.7	4	30.8	7	46.7
10	0	0.0	0	0.0	4	26.7	1	7.7	2	15.4	0	0.0	3	23.1	3	20.0
11	0	0.0	0	0.0	3	20.0	3	23.1	0	0.0	0	0.0	3	23.1	1	6.7
Total	15	100.0	13	100.0	15	100.0	13	100.0	13	100.0	15	100.0	13	100.0	15	100.0
Média	4.667		5.308		9.000		8.385		5.769		5.133		9.462		8.467	
D.-padrão	2.024		2.394		1.927		2.142		2.743		2.356		1.127		2.066	

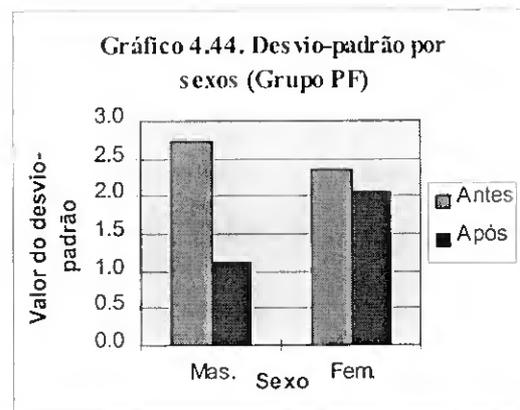
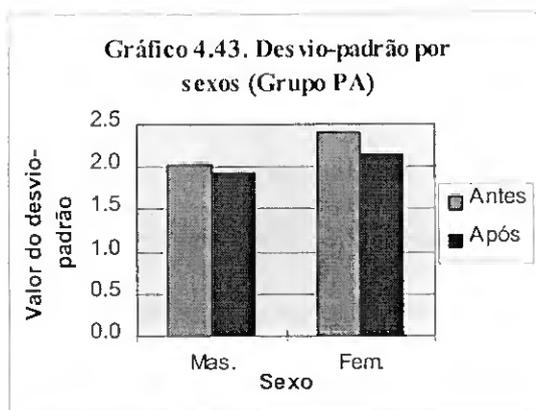
Verifica-se que, no pré-teste, os rapazes do Grupo PA obtiveram pontuações entre 1 e 8 pontos, enquanto que os rapazes do Grupo PF obtiveram pontuações entre 3 e 10 pontos. No pós-teste as pontuações dos rapazes do Grupo PA variaram entre 4 e 11

pontos, enquanto que as do Grupo PF oscilaram entre 8 e 11 pontos. No que diz respeito às raparigas, observa-se que as pontuações obtidas no pré-teste variaram entre 2 e 9 pontos, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF. No pós-teste, as pontuações obtidas pelas raparigas oscilaram entre 4 e 11 pontos no Grupo PA e entre 3 e 11 pontos no Grupo PF.



Analisando os gráficos 4.41. e 4.42., referentes às pontuações médias obtidas pelos alunos do sexo masculino e do sexo feminino antes e após o ensino, pode dizer-se que, na fase pré-teste, os rapazes do Grupo PA obtiveram uma pontuação média inferior às raparigas do mesmo grupo. No entanto, na fase pós-teste, a situação inverteu-se tendo os rapazes obtido uma pontuação média superior à das raparigas. No Grupo PF os rapazes tiveram pontuações médias superiores às raparigas, tanto na fase pré-teste, como na fase pós-teste.

O grupo que evidenciou uma maior subida da pontuação média entre o pós-teste e o pré-teste, foi o grupo constituído pelos rapazes do Grupo PA (a média subiu 4.333). O grupo que revelou uma menor subida foi o conjunto de raparigas do Grupo PA (a média subiu 3.077).

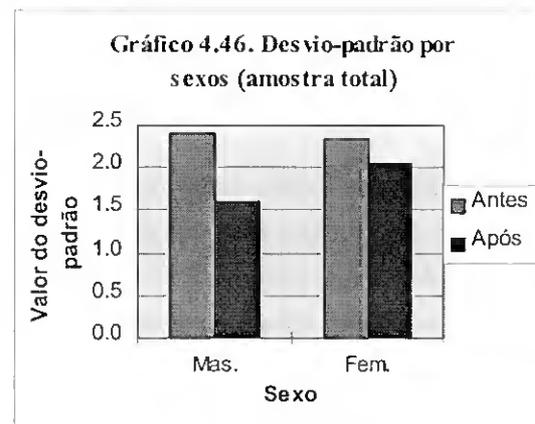
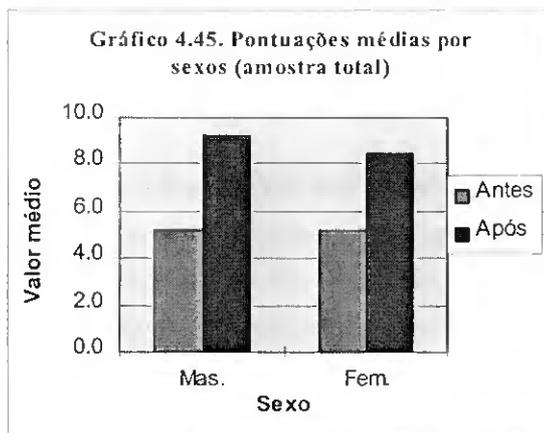


Observando os gráficos 4.43. e 4.44., relativos aos valores do desvio-padrão obtidos por rapazes e raparigas antes e após o ensino, pode afirmar-se que houve uma diminuição em todos os grupos, o que revela que os resultados na fase pós-teste foram menos dispersos do que na fase pré-teste, em todos os grupos de alunos considerados. A maior descida foi verificada no conjunto formado pelos rapazes do Grupo PF e a descida menos acentuada aconteceu no conjunto de rapazes do Grupo PA.

Quadro 4.52. Distribuição das pontuações obtidas no questionário antes e após o ensino (por sexo)

Pontuação obtida	Total							
	Masculino				Feminino			
	pré-teste		pós-teste		pré-teste		pós-teste	
N	% col.	N	% col.	N	% col.	N	% col.	
0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	1	3.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	1	3.6	0	0.0	5	17.9	0	0.0
3	7	25.0	0	0.0	3	10.7	1	3.6
4	4	14.3	1	3.6	4	14.3	1	3.6
5	3	10.7	0	0.0	3	10.7	1	3.6
6	4	14.3	1	3.6	3	10.7	1	3.6
7	3	10.7	0	0.0	4	14.3	4	14.3
8	2	7.1	5	17.9	4	14.3	2	7.1
9	1	3.6	8	28.6	2	7.1	10	35.7
10	2	7.1	7	25.0	0	0.0	4	14.3
11	0	0.0	6	21.4	0	0.0	4	14.3
Total	28	100.0	28	100.0	28	100.0	28	100.0
Média	5.179		9.214		5.214		8.429	
D.-padrão	2.405		1.595		2.331		2.063	

Através do quadro 4.52 é possível comparar as pontuações obtidas por todos os rapazes com as pontuações obtidas por todas as raparigas, independentemente do grupo. Assim, observa-se que as pontuações dos rapazes variaram entre 1 e 10 pontos no pré-teste e entre 4 e 11 pontos no pós-teste. Quanto às raparigas, verifica-se que as pontuações oscilaram entre 2 e 9 pontos no pré-teste e entre 3 e 11 pontos no pós-teste.



Através do quadro 4.52 e do gráfico 4.45. podemos observar a diferença entre as pontuações médias obtidas antes e após o ensino, quer pelos rapazes, quer pelas raparigas. Verifica-se que, no pré-teste, os rapazes obtiveram uma pontuação média inferior às raparigas, mas no pós-teste a situação inverteu-se, tendo a média dos rapazes ultrapassado a das raparigas. Assim, os rapazes evidenciaram uma maior subida entre pré-teste e pós-teste, comparativamente com as raparigas.

No gráfico 4.46. pode ver-se a diferença entre os valores do desvio-padrão obtidos pelos rapazes e pelas raparigas antes e após o ensino. Observa-se que o desvio-padrão referente ao grupo formado por todos os rapazes desceu do pré-teste para o pós-teste. Pelo contrário, o valor do desvio-padrão relativo ao conjunto de todas as raparigas subiu ligeiramente do pré-teste para o pós-teste. Assim, pode dizer-se que os resultados obtidos pelos rapazes após o ensino foram menos dispersos do que antes do ensino, enquanto que os resultados obtidos pelas raparigas após o ensino foram mais dispersos do que antes do ensino.

4.4. Pergunta de investigação 4: “Que estratégias utilizou a professora nas suas aulas sobre o ensino do tópico Estrutura e Propriedades do Ar”?

Para dar resposta a esta pergunta foram analisadas as planificações das seis aulas dadas para o ensino daquele tópico (ver anexo nº 3). As planificações foram concebidas de forma a que os alunos de ambas as turmas realizassem o mesmo tipo de actividades, distinguindo-se apenas em relação à estratégia de questionamento praticada pela professora: no Grupo PA tentaria utilizar com mais frequência perguntas abertas, isto é, perguntas que exigem normalmente uma resposta longa e que podem admitir mais do que uma resposta (perguntas divergentes); e no Grupo PF tentaria não recorrer tanto a esse tipo de perguntas, usando mais frequentemente perguntas fechadas, ou seja, que apenas admitem uma resposta correcta, quase sempre curta (perguntas convergentes).

Do quadro 4.53. até ao quadro 4.58. encontram-se esquematizadas as estratégias postas em prática ao longo das seis aulas, apresentando-se em paralelo as actividades desenvolvidas com o Grupo PA e com o Grupo PF que, como se referiu, distinguem-se somente no tipo de perguntas formuladas.

Quadro 4.53. Estratégias utilizadas na aula nº 1 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
<i>Actividade prática (Demonstração):</i> Introdução de um copo, obliquamente, numa tina com água, de modo que o copo fique cheio de água.	
<i>Questionamento:</i> O que observas?/ Como explicas o que observaste?/ O que fez com que isso acontecesse?/ Alguém tem outra ideia? Qual?	<i>Questionamento:</i> O que está dentro do copo?/ De onde vieram as bolhas que viste?/ De que eram feitas?
<i>Actividade prática (Demonstração):</i> Introdução de um copo, verticalmente, numa tina com água, de modo que fique ar dentro do copo.	
<i>Questionamento:</i> O que observas?/ Que diferenças observas em relação à actividade anterior?/ Como explicas essas diferenças?/ Alguém tem outra ideia?	<i>Questionamento:</i> O que está agora dentro do copo?/ Por que razão ficou ar dentro do copo?/ De onde veio esse ar?
<i>Actividade prática (Demonstração):</i> Introdução de um copo na tina com água, verticalmente, para que fique com ar. Introdução de um segundo copo na tina, obliquamente, para que fique cheio de água, ficando a um nível superior ao do outro copo. Passagem do ar do primeiro copo (inclinando-se) para o segundo copo.	

<i>Questionamento:</i> O que aconteceu?/ Como explicas o que aconteceu?/ Alguém tem outra ideia? Qual?/ Alguém não concorda? Porquê?	<i>Questionamento:</i> Viste o ar a passar de um copo para outro?/ O que ficou dentro do primeiro copo?/ E do segundo copo?
<i>Actividade prática (Demonstração/Acontecimento discrepante):</i> Introdução de um copo contendo um pedaço de papel amarrado no fundo, invertido verticalmente, numa tina com água. Verificação de que o papel permanece seco, depois de se retirar o copo, também verticalmente, da tina.	
<i>Questionamento:</i> O que observas?/ Como explicas que o papel ainda esteja seco?/ Por que razão não entrou a água no copo?/ Por que não sai o ar do copo?/ Que conclusão se pode tirar deste conjunto de experiências?/ Alguém tem outra ideia? Qual?/ Estas experiências têm alguma relação com alguma coisa que vocês conheçam?/ O quê?	<i>Questionamento:</i> Verificaste que o papel ficou seco?/ O que terá feito com que o papel não se molhasse?/ O copo tinha ar?/ Foi esse ar que impediu que o papel se molhasse?/ A água não entrou no copo?/ Todos concordam?/ Já pensaram no que acontece quando um barco flutua?
<i>Realização de um trabalho:</i> Elaboração de um relatório escrito sobre as actividades práticas realizadas durante a aula. Este trabalho será realizado em casa, individualmente.	

Observando o quadro anterior, verifica-se que a primeira aula foi conduzida a partir de uma actividade de demonstração muito simples até que se chegou a uma actividade do tipo “acontecimento discrepante” (ou seja, em que o aluno foi confrontado com uma situação de certo modo inesperada para ele), embora muito relacionada com as actividades desenvolvidas anteriormente na aula. Após cada actividade prática, seguiu-se sempre um conjunto de perguntas, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF, embora com características diferentes, como já se referiu. A aula terminou com o pedido de realização de um trabalho, onde cada aluno teria que fazer um relatório das actividades práticas desenvolvidas ao longo da aula.

Quadro 4.54. Estratégias utilizadas na aula nº 2 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
<i>Diálogo (Motivação) e Formação de grupos:</i> Conversa sobre o que se fez na aula anterior, recordando algumas ideias e formulando uma conclusão que deverá relacionar-se com o facto do ar ocupar espaço. Colocação de questões, tais como: Como ter a certeza que o ar ocupa espaço? Que experiência podemos realizar?. Distribuição dos alunos por grupos de 4 a 5 elementos.	
<i>Actividade prática (Experimentação/em grupo):</i> Construção de três montagens A, B e C, constituídas por uma garrafa de plástico e um funil colocado na boca da garrafa. Nas montagens A e B veda-se o	

<p>espaço entre garrafa e funil com plasticina e na montagem C não. Despeja-se um pouco de água em cada funil: gota-a-gota na montagem A; mais rapidamente nas montagens B e C. Observa-se o que acontece.</p>	
<p>Realização de um trabalho: Elaboração de um pequeno relatório escrito sobre a experiência realizada em grupo. No relatório deve incluir-se o problema que levou à actividade experimental, as hipóteses levantadas, o material e o procedimento utilizado na realização da experiência, bem como o registo das observações efectuadas em cada montagem e uma explicação e/ou conclusão para o fenómeno observado.</p>	
<p>Questionamento: O que observaram em cada montagem?/ Como explicam as diferenças observadas?/ Por que será que se colocou a plasticina?/ A que conclusão chegaram?/ Quem tem outra ideia? Qual?</p>	<p>Questionamento: Que diferenças observam?/ Por que razão não entrou água na montagem B?/ Que conclusão tiram desta experiência?</p>

Pela observação do quadro 4.54. pode dizer-se que a segunda aula se dividiu em quatro momentos distintos: diálogo inicial que serviu de motivação para a actividade seguinte; actividade experimental realizada em grupos de 4 a 5 elementos; elaboração em grupo de um relatório escrito sobre a actividade realizada; e sequência de perguntas relacionadas com tudo o que foi feito.

Quadro 4.55. Estratégias utilizadas na aula nº 3 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
<p>Diálogo (Motivação) e Formação de grupos: Conversa sobre as experiências realizadas nas aulas anteriores para chegar a algumas questões, tais como: “Se o ar ocupa espaço, será que se pode tirar e pôr ar num recipiente?”; “Será que a quantidade de ar dentro de um recipiente pode variar?”; “Como será constituído o ar?”. Distribuição dos alunos por grupos de 4 a 5 elementos.</p>	
<p>Actividade prática (Experimentação/em grupo): Construção de uma montagem constituída por uma garrafa de plástico perfeitamente tapada com uma rolha, onde se introduz um tubo de plástico. Veda-se o espaço entre a rolha e o tubo com plasticina e coloca-se na outra extremidade do tubo uma seringa de 100 ml.</p>	
<p>Questionamento: O que existe dentro da garrafa? E do tubo?/ Por que razão será necessário usar plasticina?/ Alguém tem outras ideias? Quais?</p>	<p>Questionamento: Será que existe ar dentro da garrafa? E do tubo?/ O que é que a plasticina está a impedir que entre?</p>
<p>Realização de um trabalho (individual): Pede-se a cada aluno que imagine o aspecto do ar que está dentro da garrafa e que o desenhe como se fosse possível vê-lo com uma grande ampliação.</p>	
<p>Actividade prática (Experimentação/em grupo): Dando continuidade à actividade anterior, enche-se a seringa com 100 ml de ar e introduz-se na extremidade do tubo de plástico, pressionando-se o êmbolo da</p>	

seringa (introduz-se mais ar na garrafa)
Realização de um trabalho (individual): Pedem-se a cada aluno que imagine o aspecto do ar nesta segunda situação e que o desenhe.
Actividade prática (Experimentação/em grupo): Retira-se a seringa da extremidade do tubo, voltando-se à situação inicial. Introduce-se novamente a seringa no tubo, completamente fechada, e puxa-se o êmbolo para trás, de modo que fiquem 100 ml de ar dentro da seringa (retira-se algum ar da garrafa).
Realização de um trabalho (individual): Pedem-se a cada aluno que imagine o aspecto do ar nesta terceira situação e que o desenhe.

A terceira aula começou com uma actividade de motivação para as actividades práticas seguintes, que consistiram na realização em grupo de três experiências, todas relacionadas entre si. Após cada experiência houve sempre um conjunto de perguntas, às quais se seguiu a realização de um trabalho individual. Com este trabalho pedia-se a cada aluno que representasse o aspecto do ar em cada situação experimental, se fosse possível vê-lo com grande ampliação.

Quadro 4.56. Estratégias utilizadas na aula nº 4 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
Diálogo (Motivação): Conversa sobre as experiências realizadas nas aulas anteriores para se fazer uma revisão dos temas abordados e das propriedades do ar já estudadas.	
Actividade prática (Experimentação/a pares): Puxar o êmbolo de uma seringa para trás, tapar o orifício que fica na extremidade da seringa e empurrar o êmbolo no sentido contrário, o máximo possível.	
Questionamento: Por que razão não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim?/ Por que razão se consegue empurrar o êmbolo?/ Será que a quantidade de ar dentro da seringa se alterou?/ Que conclusão se pode tirar?/ Alguém tem outra ideia? Qual?	Questionamento: O que existe dentro da seringa?/ Será que é o ar que impede que se empurre o êmbolo até ao fim?/ Será que a quantidade de ar lá dentro diminuiu?/ O ar que está lá dentro é o mesmo?
Realização de um trabalho (a pares): Pedem-se a cada par de alunos que imaginem o aspecto do ar antes e depois de se empurrar o êmbolo e que o desenhem nas duas situações, ou seja, no estado normal e quando se empurra o êmbolo o máximo para dentro da seringa. Os alunos têm ainda que responder, por escrito, a duas perguntas: 1) Entre a primeira e a segunda situação o volume do ar aumentou, diminuiu ou manteve-se?; 2) E a quantidade de ar no interior da seringa: aumentou, diminuiu ou manteve-se?	

A quarta aula obedeceu a uma estrutura semelhante às anteriores, uma vez que começa com um momento de diálogo que funcionou como motivação para a actividade prática que se realizou logo de seguida, em grupos de dois elementos. Houve depois uma sequência de perguntas sobre a actividade desenvolvida e, finalmente, a aula terminou com a elaboração de um trabalho onde cada par de alunos representou o aspecto do ar em duas situações diferentes e tentou dar resposta a duas questões sobre a actividade experimental realizada.

Quadro 4.57. Estratégias utilizadas na aula nº 5 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
<p><i>Diálogo (Motivação):</i> Conversa sobre as experiências realizadas nas aulas anteriores para se fazer uma revisão dos temas abordados e das propriedades do ar já estudadas.</p>	
<p><i>Actividade prática (Demonstração/Acontecimento discrepante):</i> Enche-se um copo com água até cima. Coloca-se um papel grosso em cima do copo, fazendo com que o copo fique bem tapado. Segura-se firmemente o copo e vira-se ao contrário. Retira-se a mão que estava a segurar o papel. Observa-se que o papel não cai, ficando o copo invertido com a água lá dentro durante algum tempo.</p>	
<p><i>Questionamento:</i> O que observas?/ O que te surpreendeu?/ Como explicas que a água não caia?/ Por que será necessário tapar bem o copo com o papel?/ O que acontecerá se se puser menos água?/ E se o copo não tiver o bordo liso?/ Alguém tem outras ideias ou sugestões? Quais?</p>	<p><i>Questionamento:</i> Surpreendeu-te o facto da água não cair? Porquê?/ Será que existe algo que não deixa a água cair? O quê?/ Como explicas o facto de a água, que tem peso, não caia?</p>
<p><i>Actividade prática (Demonstração):</i> Enche-se uma pipeta com alguma água e tapa-se o orifício superior da mesma para impedir que a água caia. Em seguida, destapa-se a pipeta, de modo que a água caia.</p>	
<p><i>Questionamento:</i> Que relação existe entre esta experiência e a anterior?/ Como explicas o que aconteceu?/ Por que razão é necessário destapar a pipeta para que a água caia?/ Que conclusão se pode tirar destas duas experiências?/ Alguém tem outra ideia? Qual?/ Há alguma coisa que estas experiências façam lembrar? O quê?</p>	<p><i>Questionamento:</i> Existe alguma relação entre esta experiência e a anterior?/ Há algo que impede a água de cair? O que será?/ Por que será que a água cai quando se destapa a pipeta?/ Que conclusão se pode tirar destas experiências?</p>
<p><i>Realização de um trabalho (a pares):</i> Pede-se aos alunos que pensem numa experiência que mostre que o ar tem peso. Essa experiência deverá ser realizada em casa e apresentada na próxima aula.</p>	

A quinta aula iniciou-se com um momento de diálogo que serviu para fazer a passagem às actividades de demonstração realizadas em seguida, consistindo a primeira

na apresentação de mais um “acontecimento discrepante”. Após cada actividade prática, seguiu-se um conjunto de perguntas, tendo a aula terminado com o pedido aos alunos para pensarem e planearem uma experiência (a pares).

Quadro 4.58. Estratégias utilizadas na aula nº 6 (no Grupo PA e no Grupo PF)

Grupo PA	Grupo PF
<p><i>Actividade prática (Experimentação/a pares):</i> Cada par de alunos realizou perante a turma a experiência planificada na aula anterior e construída em casa com materiais imaginados e concebidos por eles próprios. Os restantes alunos fizeram sugestões, comentários, críticas e perguntas.</p>	
<p><i>Questionamento:</i> Por que escolheram esses materiais?/ O que pretendem demonstrar com esta actividade?/ Se se alterar algo (o balão, o tamanho do fio, a distância ao centro, o material usado), o que acontecerá?/ Alguém tem outras ideias?/ A que conclusão se chega?</p>	<p><i>Questionamento:</i> O que observas?/ Podemos concluir, a partir desta experiência, que o ar tem peso?/ Retirando este balão e colocando outro maior, o que verificas?/ Estavam à espera que isto acontecesse?</p>
<p><i>Actividade prática (Demonstração):</i> Coloca-se um balão de borracha na boca de uma garrafa de vidro e introduz-se esta numa tina com água muito quente. Um pouco mais tarde, retira-se a garrafa da tina e coloca-se perto de uma janela.</p>	
<p><i>Questionamento:</i> O que pensas que irá acontecer ao balão de borracha?/ Como explicas o que aconteceu?/ De onde veio aquilo que está dentro do balão?/ O que acontecerá ao balão se se retirar a garrafa da água quente?/ Como explicas este fenómeno?/ O que te faz lembrar esta experiência?/ Alguém tem outra ideia? Qual?</p>	<p><i>Questionamento:</i> De que se encheu o balão de borracha?/ De onde veio o ar que encheu o balão?/ Ao retirar a garrafa da água quente, para onde foi o ar que estava no balão?/ Que conclusão se pode tirar desta experiência?</p>
<p><i>Realização de um trabalho (individual):</i> Pede-se aos alunos que imaginem o aspecto do ar que está dentro da garrafa e balão nas duas situações: quando se colocou a garrafa dentro da tina com água quente e quando, passado algum tempo, a garrafa deixou de estar em contacto com a água quente. Pede-se aos alunos que desenhem o aspecto do ar nas duas situações, se fôsse possível vê-lo com grande ampliação.</p>	
<p><i>Actividade prática (Demonstração):</i> Acendem-se três velas idênticas, A, B e C. Tapam-se as velas A e B simultaneamente, a primeira com uma tina de vidro pequena e a segunda com uma tina de vidro bastante maior.</p>	
<p><i>Questionamento:</i> O que pensas que irá acontecer a cada uma das velas?/ Como explicas o que aconteceu?/ Porque se apagou primeiro a vela A</p>	<p><i>Questionamento:</i> O que observaste?/ encontras alguma razão que explique porque se apagaram as velas A e B?/ O tamanho da tina terá</p>

<p>e só depois a vela B?/ Por que razão não se apaga a vela C?/ O que terá que acontecer para que uma vela não se apague?/ O que te faz lembrar esta experiência?/ Alguém tem outra ideia? Qual?</p>	<p>influência?/ Será que tem alguma relação com o ar que está dentro de cada tina?</p>
--	--

A sexta aula foi conduzida inicialmente pelos alunos que, em grupos de dois elementos, tinham realizado em casa a experiência planeada na aula anterior, ao que se seguiu um conjunto de perguntas. Fizeram ainda parte desta aula duas outras actividades práticas de demonstração, ambas acompanhadas por um conjunto de questões. Solicitou-se ainda a cada aluno que realizasse um trabalho sobre uma dessas actividades, o qual consistiu na representação do aspecto do ar em duas situações experimentais diferentes.

4.5. Pergunta de Investigação 5: “Que tipo de interacção verbal foi mantida entre professora e alunos?”

Para saber que tipo de interacção verbal se manteve entre a professora e os seus alunos durante o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”, foram analisados segmentos das aulas dadas. Essa análise foi feita por dois observadores independentes, treinados pela professora-investigadora, a partir de gravações audio dos momentos em que houve maior interacção verbal entre professora e alunos. Assim, obteve-se um conjunto de doze gravações (seis pertencentes ao Grupo PA e seis pertencentes ao Grupo PF), com tempos de duração diferentes.

A interacção verbal entre a professora e os alunos foi analisada em cada gravação de acordo com as seguintes variáveis: número de intervenções dos alunos (percentagem); número de intervenções da professora (percentagem); índice IA/IP (razão entre número de intervenções dos alunos e número de intervenções da professora); número médio de intervenções por aluno; número médio de intervenções dos rapazes; número médio de intervenções das raparigas; tempo utilizado pela professora (percentagem); tempo utilizado pelos alunos (percentagem); índice TA/TP (razão entre tempo gasto pelos alunos e tempo gasto pela professora); e tempo de silêncio (percentagem).

Do quadro 4.59 ao quadro 4.64. são apresentados os dados relativos aos segmentos de aula gravados, os quais correspondem aos períodos de aula em que houve maior interacção verbal. Cada quadro diz respeito à gravação de parte de uma aula,

apresentando-se em paralelo os resultados do Grupo PA e do Grupo PF. O número de intervenções da professora e dos alunos é apresentado na forma de percentagem porque o número total de intervenções varia de gravação para gravação. O tempo gasto pela professora e pelos alunos, bem como o tempo de silêncio, também são dados em percentagem pois o tempo de gravação difere de aula para aula. O número médio de intervenções feitas pelos alunos foi calculado dividindo-se o número total de intervenções pelo número de alunos presentes em cada aula. O mesmo se fez em relação ao número médio de intervenções feitas por alunos do sexo masculino e do sexo feminino.

Quadro 4.59. Interação verbal mantida na aula nº 1 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	54.4%	52.0%
Intervenções da professora (%)	45.6%	48.0%
Índice IA/IP	1.195	1.082
Nº médio de intervenções (por aluno)	4.138	4.267
Nº médio de intervenções (rapazes)	4.375	4.929
Nº médio de intervenções (raparigas)	3.846	3.688
Tempo dos alunos (%)	53.1%	44.3%
Tempo da professora (%)	27.0%	35.7%
Índice TA/TP	1.963	1.243
Tempo de silêncio (%)	19.9%	20.0%

Observa-se que no segmento analisado da primeira aula não houve grandes diferenças entre os grupos PA e PF no que diz respeito ao número de intervenções dos alunos e ao número de intervenções da professora. Existe algum equilíbrio entre esses valores, pelo que o índice IA/IP não regista grande oscilação. Também não existem diferenças consideráveis em relação ao número médio de intervenções por aluno da turma, nem em relação aos rapazes ou às raparigas. Verifica-se que há alguma diferença entre os dois grupos no que respeita ao tempo gasto pelos alunos e pela professora, o que se reflecte no índice TA/TP, o qual é ligeiramente superior no Grupo PA. O tempo de silêncio foi praticamente igual nos dois grupos. Verifica-se ainda que o número médio de intervenções nos rapazes é superior ao das raparigas em ambos os grupos.

Quadro 4.60. Interação verbal mantida na aula nº 2 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	54.3%	50.5%
Intervenções da professora (%)	45.7%	49.5%
Índice IA/IP	1.189	1.019
Nº médio de intervenções (por aluno)	1.138	1.533
Nº médio de intervenções (rapazes)	1.313	1.643
Nº médio de intervenções (raparigas)	0.923	1.438
Tempo dos alunos (%)	21.6%	41.1%
Tempo da professora (%)	54.3%	45.7%
Índice TA/TP	0.398	0.898
Tempo de silêncio (%)	24.1%	13.2%

Relativamente à interação verbal mantida na segunda aula, pode dizer-se que não houve grandes diferenças entre os grupos no que se refere ao número de intervenções dos alunos e da professora, o que se traduz num índice IA/IP muito aproximado. Quanto ao número médio de intervenções por aluno, verifica-se que é superior no Grupo PF, o que também acontece se considerarmos apenas os rapazes ou apenas as raparigas. O tempo utilizado pelos alunos foi superior no Grupo PF, sendo o índice TA/TP maior neste grupo. Observe-se ainda que o número médio de intervenções nos rapazes é superior ao das raparigas em ambos os grupos. Finalmente, o tempo de silêncio foi superior no Grupo PA.

Quadro 4.61. Interação verbal mantida na aula nº 3 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	51.8%	50.0%
Intervenções da professora (%)	48.2%	50.0%
Índice IA/IP	1.074	1.000
Nº médio de intervenções (por aluno)	3.345	1.000
Nº médio de intervenções (rapazes)	2.750	1.000
Nº médio de intervenções (raparigas)	4.077	1.000
Tempo dos alunos (%)	34.2%	18.1%
Tempo da professora (%)	53.5%	67.6%
Índice TA/TP	0.640	0.268
Tempo de silêncio (%)	12.3%	14.3%

A interação verbal mantida na terceira aula não foi muito diferente entre os dois grupos, no que diz respeito ao número de intervenções por parte dos alunos e da professora. Daí, que o índice IA/IP seja muito aproximado. No entanto, houve grandes diferenças em relação ao número médio de intervenções por aluno da turma, e também em relação aos rapazes e às raparigas, valores estes que foram bastante superiores no Grupo PA. Também se observaram variações em relação ao tempo gasto pelos alunos, o qual foi maior no Grupo PA. O índice TA/TP foi, portanto, mais elevado nesse grupo. O tempo de silêncio não sofreu grandes diferenças entre os dois grupos. Nesta aula, ao contrário das anteriores, houve um número médio de intervenções das raparigas superior ao dos rapazes (no Grupo PA) ou igual (no Grupo PF).

Quadro 4.62. Interação verbal mantida na aula nº 4 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	52.4%	52.0%
Intervenções da professora (%)	47.6%	48.0%
Índice IA/IP	1.100	1.083
Nº médio de intervenções (por aluno)	0.862	1.467
Nº médio de intervenções (rapazes)	1.063	1.714
Nº médio de intervenções (raparigas)	0.615	1.250
Tempo dos alunos (%)	22.0%	47.3%
Tempo da professora (%)	71.6%	49.3%
Índice TA/TP	0.307	0.961
Tempo de silêncio (%)	6.4%	3.4%

Pela análise do quadro 4.62. pode afirmar-se que na interação verbal mantida durante a quarta aula não houve grandes diferenças entre os grupos quanto ao número de intervenções dos alunos e da professora, sendo o índice IA/IP muito aproximado. No que diz respeito ao número médio de intervenções por aluno da turma, observa-se que é mais elevado no Grupo PF, o que também acontece se considerarmos apenas os rapazes e apenas as raparigas. O tempo usado pelos alunos durante a interação foi superior no Grupo PF, o que se traduz num índice TA/TP maior para esse grupo. Verifica-se ainda que, tanto no Grupo PA como no Grupo PF, houve um número médio de intervenções superior nos rapazes, em comparação com as raparigas. Por fim, o tempo de silêncio foi ligeiramente superior na aula com o Grupo PA.

Quadro 4.63. Interação verbal mantida na aula nº 5 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	49.5%	52.4%
Intervenções da professora (%)	50.5%	47.6%
Índice IA/IP	0.981	1.099
Nº médio de intervenções (por aluno)	2.690	2.800
Nº médio de intervenções (rapazes)	3.375	2.857
Nº médio de intervenções (raparigas)	1.846	2.750
Tempo dos alunos (%)	40.4%	37.6%
Tempo da professora (%)	54.1%	57.7%
Índice TA/TP	0.748	0.652
Tempo de silêncio (%)	5.5%	4.7%

Comparando a interação verbal mantida na quinta aula com cada um dos grupos, verifica-se que há semelhança entre o número de intervenções dos alunos e da professora em ambos os grupos e que o índice IA/IP é muito próximo. Em relação ao número médio de intervenções por aluno da turma, observa-se que há algum equilíbrio, embora o número médio de intervenções dos rapazes seja superior no Grupo PA e o das raparigas seja maior do Grupo PF. O tempo gasto por alunos e pela professora não regista grandes diferenças, o que se reflecte num índice TA/TP muito aproximado nos dois grupos. Observa-se que o número médio de intervenções é superior nos rapazes em relação às raparigas, em ambos os grupos, embora essa diferença seja mais notória no Grupo PA. Finalmente, o tempo de silêncio não teve grandes oscilações entre os grupos.

No que diz respeito à interação verbal mantida na sexta aula com cada um dos grupos, observa-se que há um certo equilíbrio entre o número de intervenções dos alunos e da professora, sendo o índice IA/IP ligeiramente maior no Grupo PA. O número médio de intervenções por aluno da turma é mais elevado no Grupo PA, mas essa superioridade é mais evidente para os rapazes do que para as raparigas. O tempo gasto pelos alunos é ligeiramente maior no Grupo PA, sendo o índice TA/TP um pouco superior neste grupo. Nesta aula, houve um número médio de intervenções superior nos rapazes em relação às raparigas, no Grupo PA. No Grupo PF, a situação foi inversa. Por último, o tempo de silêncio foi mais elevado no Grupo PF.

Quadro 4.64. Interação verbal mantida na aula nº 6 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA	Grupo PF
Intervenções dos alunos (%)	50.4	46.8%
Intervenções da professora (%)	49.6%	53.2%
Índice IA/IP	1.015	0.880
Nº médio de intervenções (por aluno)	3.897	2.100
Nº médio de intervenções (rapazes)	5.125	2.000
Nº médio de intervenções (raparigas)	2.385	2.188
Tempo dos alunos (%)	31.2%	23.0%
Tempo da professora (%)	61.2%	60.0%
Índice TA/TP	0.509	0.384
Tempo de silêncio (%)	7.6%	17.0%

Seguidamente apresentam-se dois quadros-síntese. O primeiro resume os resultados referentes ao índice IA/IP, ao índice TA/TP e ao tempo de silêncio, enquanto o segundo quadro apresenta resumidamente o número médio de intervenções por aluno, e de acordo com o sexo, em cada aula.

Quadro 4.65. Quadro-síntese dos índices IA/IP e TA/TP e do tempo de silêncio ao longo da sequência de ensino

Aula	Índice IA/IP		Índice TA/TP		Tempo de silêncio (%)	
	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF
1	1.195	1.082	1.963	1.243	19.9	20.0
2	1.189	1.019	0.398	0.898	24.1	13.2
3	1.074	1.000	0.640	0.268	12.3	14.3
4	1.100	1.083	0.307	0.961	6.4	3.4
5	0.981	1.099	0.748	0.652	5.5	4.7
6	1.015	0.880	0.509	0.384	7.6	17.0

A observação do quadro 4.65 permite-nos dizer que o índice IA/IP foi sempre superior no Grupo PA, em relação ao Grupo PF, excepto na aula nº 5. O índice TA/TP foi quase sempre superior no Grupo PA; isso só não aconteceu nas aulas nº 2 e nº 4. Quanto ao tempo de silêncio, pode dizer-se que só teve uma diferença acentuada na aula nº2, em que o Grupo PA superou o Grupo PF.

Quadro 4.66. Quadro-síntese do número médio de intervenções por aluno, na globalidade, e de acordo com o sexo, ao longo da sequência de ensino

Aula	Por aluno		Rapazes		Raparigas	
	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF
1	4.138	4.267	4.375	4.929	3.846	3.688
2	1.138	1.533	1.313	1.643	0.923	1.438
3	3.345	1.000	2.750	1.000	4.077	1.000
4	0.862	1.467	1.063	1.714	0.615	1.250
5	2.690	2.800	3.375	2.857	1.846	2.750
6	3.897	2.100	5.125	2.000	2.385	2.188

Relativamente ao quadro anterior, pode dizer-se que o número médio de intervenções por aluno foi superior no Grupo PA, apenas nas aulas nº 3 e nº 6. Analisando apenas esta questão em relação aos rapazes, verifica-se que estes foram, em média, mais intervenientes no Grupo PA, só no que diz respeito às aulas nº 3, nº 5 e nº 6.

Quanto às raparigas, o seu número médio de intervenções por aula foi superior no Grupo PA nas aulas nº 1, nº 3 e nº 6. Comparando os valores obtidos para rapazes e raparigas, pode afirmar-se que, em média, os rapazes do Grupo PA foram sempre mais intervenientes do que as raparigas do mesmo grupo, excepto na aula nº 3. No Grupo PF as intervenções dos rapazes também superaram, na globalidade, as das raparigas, o que só não aconteceu na aula nº 3 (em que foram iguais) e na aula nº 6 (em que foram inferiores).

4.6. Pergunta de Investigação 6: “Que tipo de perguntas foram formuladas pela professora no ensino daquele tópico?”

Para dar resposta a esta pergunta foi necessário ouvir, mais uma vez, as gravações das interações verbais mantidas ao longo das aulas dadas para o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”, mas desta vez, para analisar o tipo de perguntas formuladas pela professora aos alunos do Grupo PA e aos alunos do Grupo PF. Essa análise foi efectuada por dois observadores externos, isto é, duas pessoas que não conheciam os objectivos principais deste trabalho de investigação e que não sabiam que a variável “tipo de perguntas” estava a ser manipulada. Assim, os observadores não

sabiam que existia um Grupo PA e um Grupo PF; apenas sabiam que eram dois grupos correspondentes a duas turmas diferentes.

Antes da análise propriamente dita, os observadores tiveram várias sessões de formação para se familiarizarem com o tipo de análise pretendida e ganharem treino, quer na audição de cassetes, quer na categorização das perguntas. A caracterização dos observadores, bem como a descrição das sessões de formação desenvolvidas encontram-se no capítulo III (Metodologia). A análise do tipo de perguntas formuladas pela professora obedeceu a dois níveis de classificação:

- *1º nível de classificação* (Blosser, 1991): as perguntas podem ser classificadas em operacionais, retóricas, fechadas ou abertas.
- *2º nível de classificação* (Penick, Crow & Bonnsetter; 1996): as perguntas podem ser de história (*History*), de relações (*Relationships*), de aplicação (*Application*), de especulação (*Speculation*) ou de explicação (*Explanation*).

Nos quadros 4.67. e 4.68. resumem-se as características de cada tipo de pergunta considerado para o 1º e para o 2º nível de classificação, respectivamente.

Relativamente às perguntas fechadas e abertas há ainda que distingui-las quanto ao nível de pensamento (raciocínio) esperado. As perguntas fechadas normalmente implicam operações de memória-cognitiva ou operações de raciocínio convergente, enquanto as perguntas abertas implicam operações de raciocínio divergente ou operações de raciocínio avaliativo (Blosser, 1991).

Quadro 4.67. Tipos de perguntas segundo o 1º nível de classificação (Blosser, 1991)

Tipos de perguntas	Principais características
Operacionais	Servem para manter a dinâmica da aula, conduzir as actividades de modo a atingir as metas para uma aula. Exemplo: “Têm todos o material necessário?”
Retóricas	Servem para dar ênfase a um certo ponto, reforçar uma ideia ou uma informação. Os professores não esperam uma resposta para estas perguntas, embora elas surjam por vezes. Exemplo: “A substância verde nas plantas chama-se clorofila, não é?”
Fechadas	Servem para verificar a retenção de uma informação aprendida anteriormente ou situar o raciocínio num ponto específico. Têm um número limite de respostas aceitáveis e podem antecipar certas respostas. Exemplo: “Qual é o símbolo químico da água?”

Abertas	Servem para promover um debate ou uma troca de ideias, estimular o raciocínio dos alunos, dar liberdade à formulação de hipóteses e à especulação. Prevêem uma série de respostas aceitáveis, remetem para experiências passadas, mas também levam os alunos a dar e a justificar as suas opiniões. Exemplo: “Como imaginariam que seria a vida na Terra com uma fraca gravidade?”.
---------	---

Depois de conhecerem muito bem os dois níveis de classificação para as perguntas formuladas pela professora, os observadores preencheram duas grelhas de análise para cada gravação analisada (ver anexo nº 4). A primeira grelha de análise permite classificar as perguntas da professora em fechadas ou abertas, contar o número total de perguntas formuladas e calcular a razão entre perguntas abertas e perguntas fechadas (razão PA/PF). A segunda grelha de análise permite classificar as mesmas perguntas de acordo com o 2º nível de classificação, isto é, perguntas de história, de relações, de aplicação, de especulação ou de explicação.

Assim, obteve-se um conjunto de 12 pares de grelhas de análise (6 para o Grupo PA e 6 para o Grupo PF). Os resultados obtidos a partir da análise efectuada com as referidas grelhas encontram-se nos seis quadros seguintes, onde se apresentam em paralelo os resultados do Grupo PA e os do Grupo PF, de acordo com a classificação de cada um dos observadores (O1 e O2)

Quadro 4.68. Tipos de perguntas segundo o 2º nível de classificação (Penick, Crow & Bonnstetter; 1996)

Tipos de perguntas	Principais características
História	Relacionam-se com a experiência dos alunos, em que eles podem falar sobre o que fizeram, podem mostrar o que sabem em oposição ao que não sabem. São formuladas no participio passado, referem-se a eventos que já aconteceram e foram experienciadas pessoalmente pelo aluno. Exemplo: “O que fizeste?”.
Relações	Procuram relações ou padrões, pois pedem ao aluno que compare as suas actividades, descobertas ou ideias com outras actividades, descobertas ou ideias, suas ou de outros alunos. Podem ser um pouco mais abstractas que as anteriores. Exemplo: “Onde é que já viste algo parecido a isto?”.
Aplicação	Podem ser um teste à compreensão ou ao conhecimento de algo.

	Ajudam a detectar pontos fracos, estabelecer novas conexões e perspectivar o conhecimento de novas formas. Permitem praticar e repetir o que se conhece, cimentando esse conhecimento. Esta categoria é mais complexa que as anteriores e revela muito mais sobre a capacidade dos alunos captarem e aprofundarem a compreensão dos conceitos. Exemplo: “Onde podemos encontrar exemplos disto na vida real?”.
Especulação	Permitem que o aluno se abstraia para novas e invulgares situações, desenvolvendo a extrapolação, a imaginação de cenários futuros e a criatividade. Requerem que o aluno compreenda bastante bem os fenómenos e o seu funcionamento. Exemplo: “Se quisesse evitar que isso acontecesse, o que farias?”.
Explicação	Solicitam ao aluno que comunique uma ideia, processo ou teoria para clarificar a natureza de um fenómeno e da forma como ocorre. Requerem que o aluno tenha captado os fundamentos que se relacionam com o conceito considerado, veja relações, encaixe uma série de “peças” segundo uma ordem e visualize cenários futuros possíveis. Exemplo: “Como é que isso funciona?”.

Quadro 4.69. Perguntas formuladas na aula nº 1 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	80	73	74	73
Nº de perguntas fechadas (PF)	16	15	24	33
Nº de perguntas abertas (PA)	64	58	50	40
Razão PA/PF	4.000	3.867	2.083	1.212
Nº de perguntas de história	15	14	22	24
Nº de perguntas de relações	34	33	20	28
Nº de perguntas de aplicação	2	2	4	6
Nº de perguntas de especulação	12	9	17	8
Nº de perguntas de explicação	17	15	11	7

Pela análise do quadro 4.69. verifica-se que não houve grandes diferenças entre os grupos no que se refere ao número total de perguntas formuladas pela professora.

Também se verifica que, em ambos os grupos, as perguntas abertas predominam em relação às perguntas fechadas. No entanto, esse predomínio evidencia-se mais no Grupo PA, pelo que a razão PA/PF é bastante superior no Grupo PA (cerca do dobro segundo O1 e cerca do triplo de acordo com O2).

Em relação ao segundo nível de classificação das perguntas, observa-se que no Grupo PA predominam as perguntas de relações e que existe um número considerável de perguntas de história e de explicação. No Grupo PF, há um certo equilíbrio entre perguntas de história e de relações, existindo também um número significativo de perguntas de especulação.

Quadro 4.70. Perguntas formuladas na aula nº 2 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	18	20	30	30
Nº de perguntas fechadas (PF)	7	8	16	16
Nº de perguntas abertas (PA)	11	12	14	14
Razão PA/PF	1.571	1.500	0.875	0.875
Nº de perguntas de história	6	7	14	14
Nº de perguntas de relações	4	5	5	5
Nº de perguntas de aplicação	2	2	0	0
Nº de perguntas de especulação	3	3	5	5
Nº de perguntas de explicação	3	3	6	6

No que diz respeito às perguntas formuladas durante a segunda aula com cada um dos grupos, observa-se que o número total de perguntas feitas foi mais elevado no Grupo PF. No Grupo PA predominam as perguntas abertas em relação às perguntas fechadas, enquanto no Grupo PF acontece o contrário, pelo que a razão PA/PF é superior no primeiro grupo de alunos (cerca do dobro de acordo com ambos os observadores).

Quanto ao segundo nível de classificação das perguntas, verifica-se que as perguntas de história são as mais frequentes em ambos os grupos, embora no Grupo PF sejam mais abundantes do que no Grupo PA. Seguem-se as perguntas de relações para o Grupo PA e as perguntas de explicação para o Grupo PF. No Grupo PA surgem perguntas de aplicação, enquanto no Grupo PF não se regista qualquer pergunta dessa categoria.

Quadro 4.71. Perguntas formuladas na aula nº 3 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	66	65	29	29
Nº de perguntas fechadas (PF)	22	22	11	16
Nº de perguntas abertas (PA)	44	43	18	13
Razão PA/PF	2.000	1.955	1.636	0.813
Nº de perguntas de história	21	21	11	15
Nº de perguntas de relações	16	17	7	9
Nº de perguntas de aplicação	1	1	0	0
Nº de perguntas de especulação	17	14	10	5
Nº de perguntas de explicação	11	12	1	0

Pela observação do quadro 4.71, respeitante às perguntas formuladas na terceira aula com cada um dos grupos, pode dizer-se que o número total de perguntas foi bastante superior no Grupo PA. Verifica-se que neste grupo as perguntas abertas ultrapassaram as perguntas fechadas, enquanto que no Grupo PF há alguma discrepância entre as análises dos dois observadores: segundo O1 as perguntas abertas são mais frequentes e segundo O2, predominam as perguntas fechadas. De qualquer forma, a razão PA/PF é sempre superior no Grupo PA, embora essa superioridade seja mais evidente segundo a análise de O2.

Quanto ao segundo nível de classificação das perguntas, observa-se que, em ambos os grupos, há um predomínio das perguntas de história, seguindo-se as perguntas de relações e depois as de especulação. Há diferenças entre os grupos no que se refere às perguntas de explicação, as quais atingem um valor considerável no Grupo PA, enquanto no Grupo PF são quase inexistentes. Também se observa que houve uma pergunta de aplicação no Grupo PA, o que não aconteceu no Grupo PF.

Analisando o quadro 4.72, referente às perguntas formuladas durante a quarta aula com cada um dos grupos, observa-se que o número total de perguntas foi superior no Grupo PA em relação ao Grupo PF. Também se observa que, enquanto no Grupo PA há predominância de perguntas abertas em relação a perguntas fechadas, no Grupo PF

há equilíbrio entre estes dois tipos de perguntas. Assim, a razão PA/PF é superior no primeiro grupo (cerca do dobro segundo O1 e cerca de 50% maior de acordo com O2).

Quanto ao segundo nível de classificação das perguntas, verifica-se que no Grupo PA predominam as perguntas de especulação, enquanto no Grupo PF são as perguntas de história as mais frequentes. Existe um número considerável de perguntas de história e de explicação no Grupo PA. Não houve perguntas de aplicação na gravação obtida durante a terceira aula com qualquer dos grupos.

Quadro 4.72. Perguntas formuladas na aula nº 4 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	26	24	15	18
Nº de perguntas fechadas (PF)	8	9	7	9
Nº de perguntas abertas (PA)	18	15	8	9
Razão PA/PF	2.250	1.667	1.143	1.000
Nº de perguntas de história	7	7	6	8
Nº de perguntas de relações	3	3	3	4
Nº de perguntas de aplicação	0	0	0	0
Nº de perguntas de especulação	11	9	4	4
Nº de perguntas de explicação	5	5	2	2

Quadro 4.73. Perguntas formuladas na aula nº 5 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	26	32	35	38
Nº de perguntas fechadas (PF)	6	10	13	15
Nº de perguntas abertas (PA)	20	22	22	23
Razão PA/PF	3.333	2.200	1.692	1.533
Nº de perguntas de história	6	10	12	15
Nº de perguntas de relações	6	10	8	7
Nº de perguntas de aplicação	1	1	2	2
Nº de perguntas de especulação	12	10	8	5
Nº de perguntas de explicação	1	1	5	9

Analisando o quadro 4.73, pode dizer-se que o número total de perguntas formuladas pela professora durante a parte gravada da quinta aula foi superior no Grupo PF. As perguntas abertas predominaram em relação às perguntas fechadas, num e noutro grupo. No entanto, a razão PA/PF é mais elevada no Grupo PA do que no Grupo PF (cerca do dobro segundo O1 e cerca de 40% maior de acordo com O2).

Em relação à análise pelo segundo nível de classificação das perguntas, observa-se que no Grupo PA abundam as perguntas de especulação, seguindo-se as perguntas de história e de relações. No Grupo PF são mais frequentes as perguntas de história, aparecendo depois as perguntas de relações, de explicação e de especulação. Tanto numa grupo como noutro houve perguntas de aplicação.

Quadro 4.74. Perguntas formuladas na aula nº 6 (Grupo PA e Grupo PF)

Variáveis	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
Nº total de perguntas	61	63	33	28
Nº de perguntas fechadas (PF)	14	22	14	16
Nº de perguntas abertas (PA)	47	41	19	12
Razão PA/PF	3.357	1.864	1.357	0.750
Nº de perguntas de história	11	17	13	12
Nº de perguntas de relações	16	20	3	6
Nº de perguntas de aplicação	0	1	3	1
Nº de perguntas de especulação	25	18	11	8
Nº de perguntas de explicação	9	7	3	1

Através da análise do quadro referente às perguntas formuladas na parte gravada da sexta aula com cada um dos grupos, verifica-se que o número total de perguntas foi bastante superior no Grupo PA em relação ao Grupo PF. Também se verifica que, no Grupo PA predominam claramente as perguntas abertas, enquanto no Grupo PF há alguma discrepância em relação à análise feita pelos dois observadores: segundo O1 as perguntas abertas são mais frequentes, mas de acordo com O2 acontece a situação contrário. De qualquer modo, verifica-se que a razão PA/PF é muito superior no Grupo PA em relação ao Grupo PF (cerca de 2.5 vezes superior segundo ambos os observadores).

No que diz respeito ao segundo nível de classificação das perguntas, verifica-se que, no Grupo PA, abundam as perguntas de especulação, seguindo-se as perguntas de

relações e de história e existindo ainda um número considerável de perguntas de explicação. No Grupo PF predominam as perguntas de história, logo seguidas das perguntas de especulação. Observa-se ainda que há mais perguntas de aplicação no Grupo PF do que no Grupo PA.

O quadro seguinte apresenta uma síntese da Razão PA/PF obtida por cada observador ao longo da sequência de ensino. Observa-se que o valor dessa razão foi sempre superior nas aulas realizadas com o Grupo PA, em relação ao Grupo PF, o que foi registado por ambos os observadores. Pode dizer-se, então, que as perguntas abertas predominaram no Grupo PA, comparativamente com o Grupo PF.

Quadro 4.75. Razão PA/PF nas aulas com o Grupo PA e com o Grupo PF, de acordo com os observadores exteriores O1 e O2

Aulas	Grupo PA		Grupo PF	
	O1	O2	O1	O2
nº 1	4.000	3.867	2.083	1.212
nº 2	1.571	1.500	0.875	0.875
nº 3	2.000	1.955	1.636	0.813
nº 4	2.250	1.667	1.143	1.000
nº 5	3.333	2.200	1.692	1.533
nº 6	3.357	1.864	1.357	0.750

Quadro 4.76. Quadro-síntese do número de perguntas de cada tipo, de acordo com o 2º nível de classificação

Aula	História		Relações		Aplicação		Especulação		Explicação	
	Gr. PA	Gr. PF	Gr. PA	Gr. PF	Gr. PA	Gr. PF	Gr. PA	Gr. PF	Gr. PA	Gr. PF
1	14.5	23	33.5	24	2	5	10.5	12.5	16	9
2	6.5	14	4.5	5	2	0	3	5	3	6
3	21	13	16.5	8	1	0	15.5	7.5	11.5	0.5
4	7	7	3	3.5	0	0	10	4	5	2
5	8	13.5	8	7.5	1	2	11	6.5	1	7
6	14	12.5	18	4.5	0.5	2	21.5	9.5	8	2

Relativamente ao 2º nível de classificação das perguntas formuladas pela professora, já não se verifica uma tendência acentuada em nenhum dos grupos, em relação ao tipo de perguntas. Apenas se pode dizer, pela observação do quadro seguinte,

que: as perguntas de História predominaram no Grupo PF na primeira, segunda e quinta aulas; as perguntas de Relações foram mais numerosas no Grupo PA na primeira, terceira, quinta e sexta aulas; as perguntas de Aplicação no Grupo PF superaram as do Grupo PA na primeira, quinta e sexta aulas; as perguntas de Especulação foram mais numerosas no Grupo PA nas quatro últimas aulas; e as perguntas de Explicação predominaram no Grupo PA, excepto na segunda e quinta aulas. Refira-se que os valores registados no quadro 4.76 foram calculados a partir da média aritmética dos valores encontrados por cada um dos observadores.

4.7. Pergunta de Investigação 7: “Qual o efeito do tipo de perguntas formuladas pela professora nas aulas de Ciências sobre as concepções desenvolvidas pelos alunos no tópico Estrutura e propriedades do ar?”

A resposta a esta pergunta de investigação implica uma análise dos resultados obtidos a dois níveis: (1) Comparação dos dados resultantes do Grupo PA com os dados resultantes do Grupo PF antes do ensino e após o ensino; e (2) Comparação dos dados obtidos antes do ensino com os dados obtidos após o ensino em cada um dos grupos. Será efectuada também uma análise por sexo: comparação entre dados dos alunos do sexo masculino e dados dos alunos do sexo feminino antes do ensino e após o ensino, em cada um dos grupos.

Para proceder a essas comparações foram utilizadas três medidas: teste-t, análise de variância (incluindo comparação múltipla de médias) e “effect size” (magnitude do efeito). As duas primeiras medidas (de significância estatística) foram aplicadas através do pacote SPSS para versão WINDOWS (Kinnear & Gray, 1994), enquanto a terceira medida (que tem sobretudo uma significância prática) foi utilizada através de cálculos efectuados à mão. A nota seguinte caracteriza, em geral, estes três tipos de análise.

Nota: O teste-t serviu para decidir se a diferença entre as médias obtidas nos grupos PA e PF pode ser explicada apenas pela acção do acaso, ou seja, serviu para decidir se essa diferença é estatisticamente significativa. O nível de significância representa a probabilidade com que se pode rejeitar com segurança a hipótese de não existirem diferenças entre as populações de onde foram extraídos os dois grupos (hipótese nula). Essa decisão acontece sempre que for muito pequena a probabilidade (inferior a 5%) de que a diferença entre grupos tenha a sua origem num erro de amostragem, ou seja, sempre que for muito pequena a probabilidade de se obter os resultados que se obtiverem no caso da hipótese nula ser verdadeira para a população.

O valor de t é calculado pela aplicação da fórmula: $t = \frac{\overline{X1} - \overline{X2}}{sdif}$, onde:

$\overline{X1}$ = média do Grupo PA

$\overline{X2}$ = média do Grupo PF

$sdif$ = erro padrão da diferença (estimativa do desvio padrão da distribuição de diferenças entre os grupos).

O teste-t precisa de ser interpretado com referência a graus de liberdade (gl), os quais não só variam com o tamanho do grupo, como também são responsáveis directos pelo formato da distribuição de diferenças. Quanto maior for o número de graus de liberdade, maior será a aproximação da distribuição de diferenças à curva normal. Tecnicamente, os graus de liberdade referem-se à liberdade de variação num conjunto de pontuações e o seu número pode ser calculado pela aplicação da fórmula:

$gl = N1 + N2 - 2$, onde: $N1$ = tamanho do Grupo PA

$N2$ = tamanho do Grupo PF.

Assim, o valor de t será interpretado com o auxílio do número (calculado) de graus de liberdade e de uma tabela onde constam os valores de t aos níveis de significância de 0,05 e 0,01 (Levin, 1987:

358). Se o valor de t observado for menor do que o valor de t crítico (constante da tabela) não se rejeita a hipótese de que não existem diferenças significativas entre as médias dos dois grupos. Nesse caso, a diferença obtida será fruto, na verdade, de puro erro de amostragem.

A análise de variância, por sua vez, comporta uma razão F , que indica o tamanho da diferença entre “ n grupos” em função do tamanho da variação dentro de cada grupo. Quanto maior for a razão F (isto é, quanto maior for a variação entre grupos em relação à variação dentro dos grupos), maior a probabilidade de se aceitar que as diferenças entre as médias dos grupos são significativas. A razão F calculada foi interpretada com o auxílio de uma tabela onde constam os valores de F aos níveis de significância de 0,05 e 0,01 (Levin, 1987: 359). Esta tabela contém uma lista de razões F significativas, isto é, razões F que é necessário obter para que seja possível rejeitar a hipótese de que não há diferenças entre os grupos aos níveis de significância de 0,05 e 0,01. Tal como a razão t , o valor específico de F que considerarmos depende do número de graus de liberdade (entre grupos e dentro dos grupos). Se o F observado for inferior ao F crítico (constante da tabela), não temos outra escolha senão não rejeitar a hipótese de que não há diferenças significativas entre os grupos e atribuir as diferenças entre as médias a erro de amostragem. Assim, um F significativo dá-nos uma informação a respeito da diferença global existente entre os grupos estudados: ou a diferença obtida é estatisticamente significativa ou não, dependendo da magnitude de F . Pode ainda ser feita uma análise de variância adicional em que se comparam simultaneamente três ou mais médias, o que pode ser útil na determinação de eventuais diferenças e interações. A “ANOVA-2 way” permite fazê-lo.

Finalmente, o “effect size” (magnitude do efeito) foi usado neste estudo para medir a diferença entre uma técnica de questionamento e outra técnica de questionamento. Esta medida permite verificar qual é o impacto do uso de uma determinada técnica de questionamento no sucesso dos alunos. O valor do “effect size” foi calculado a partir da diferença entre as médias dos grupos dividida pelo desvio padrão do Grupo PF:

$$ES = \frac{\overline{X1} - \overline{X2}}{s1}, \quad \text{onde: } \overline{X1} = \text{média do Grupo PF};$$

$$\overline{X2} = \text{média do Grupo PA};$$

$$s1 = \text{desvio padrão do Grupo PF}.$$

A razão do uso do “effect size” prende-se com o facto de um valor de t ou de F ou mesmo de p não dizer absolutamente nada sobre a verdadeira magnitude de uma diferença observada e se essa diferença tem ou não significância prática. Diz respeito apenas à probabilidade de observar uma diferença tão grande face a uma série de critérios, entre os quais se destaca o número de casos observados. Assim o valor do “effect size” (ES) tem importância quanto à significância prática, embora não exista nenhum nível de magnitude de ES que, automaticamente, se traduza em significância prática. Esta tem que ser estabelecida caso a caso, através de uma análise de custos e benefícios (Glass, McGaw & Smith, 1981).

O “effect-size” pode ainda ser calculado segundo um procedimento “antes-e-depois”, tendo nesse caso que ser utilizada outra fórmula: $ES = \frac{\overline{X1} - \overline{X2}}{sGi}$, onde:

$$\overline{X1} = \text{média do Grupo PA};$$

$$\overline{X2} = \text{média do Grupo PF};$$

$$sGi = \text{desvio padrão dos ganhos (incrementos) por indivíduo do Grupo PF}.$$

• *Comparação dos dados resultantes do Grupo PA com os dados resultantes do Grupo PF, antes e após o ensino*

O quadro 4.77 apresenta os resultados obtidos no questionário antes e após o ensino por cada um dos grupos no que respeita às pontuações médias e desvios-padrão. Inclui também os dados referentes ao grupo total de alunos inquiridos.

Quadro 4.77. Resultados obtidos no questionário antes e após o ensino

	Grupo PA		Grupo PF		Grupo total	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Média	4.964	8.714	5.429	8.929	5.196	8.821
Desvio-padrão	2.186	2.016	2.516	1.741	2.347	1.869

A comparação dos dados do Grupo PA com os do Grupo PF foi feita através do teste-t, da análise de variância e da análise da magnitude do efeito. No quadro 4.78 apresentam-se os dados referentes à análise comparativa entre grupos antes e depois do ensino, para verificar até que ponto houve diferenças estatisticamente significativas

Quadro 4.78. Diferença entre os resultados do Grupo PA e do Grupo PF (análise de variância)

	$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	SS	MS	gl	F	p	Observações
Antes do ensino	-0.4643	302.839	5.506	55	0.544	0.464	não significativo
Após o ensino	-0.2143	192.214	3.495	55	0.181	0.672	não significativo

$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ = diferença entre médias (PA-PF); SS= “sum of squares”; MS= “mean square”; gl= graus de liberdade; F= razão F; p= nível de significância;

Analisando o quadro 4.78, pode verificar-se que a diferença entre médias é negativa, quer antes quer após o ensino, o que significa que o Grupo PF obteve nos dois momentos melhor pontuação do que o Grupo PA. No entanto, essa diferença foi menos acentuada depois do ensino. Os valores obtidos para a razão F indicam que a diferença entre as médias dos dois grupos não é significativa, nem antes do ensino, nem após o ensino. O quadro 4.79 apresenta os resultados obtidos para ES, possibilitando a medição da diferença entre grupos após o ensino e também a medição dessa diferença numa situação “antes-c-depois”.

Quadro 4.79. Valores obtidos para o ES (“effect size”)

	Valores de ES
ES (após)	0.12307
ES (pre-pos)	0.10207

Os valores obtidos para ES (quadro 4.79) mostram que, em média, um aluno do Grupo PF demonstrou, no pós-teste, cerca de 0.123 desvios-padrão acima de um aluno médio do Grupo PA. Também se observa que, na situação pré-pós houve um incremento aproximado de 0.102 desvios-padrão, em média, nos alunos do Grupo PF em relação ao Grupo PA.

- *Comparação dos dados obtidos antes do ensino com os dados obtidos após o ensino em cada um dos grupos.*

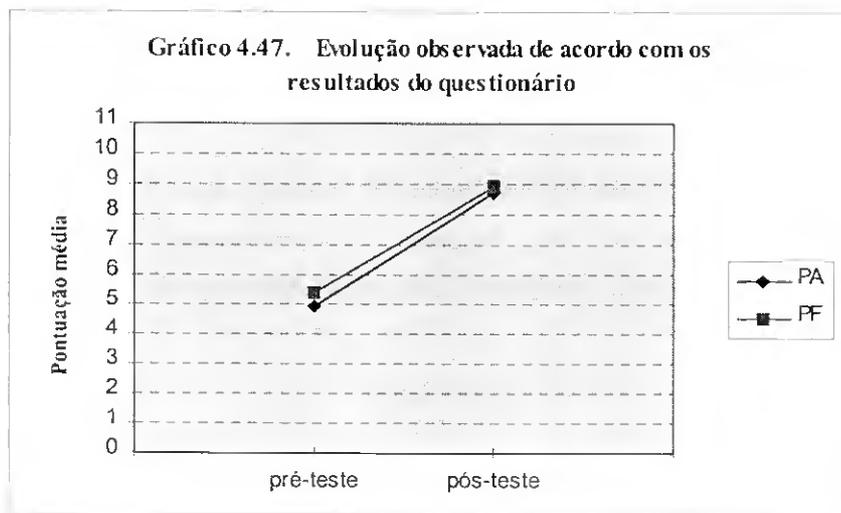
Para comparar os dados obtidos dentro de cada um dos grupos em momentos distintos usou-se o teste-t e a análise de variância. Este procedimento, designado por “antes-e-depois” consiste em mensurar a mesma amostra em dois momentos diferentes (momento antes do ensino versus momento após o ensino). O foco da comparação do tipo antes-e-depois está na diferença entre os dois momentos. O quadro seguinte resume os resultados obtidos para aquelas medidas.

Quadro 4.80. Diferença entre os resultados obtidos antes do ensino e após o ensino (teste-t)

	$\overline{Xd} - \overline{Xa}$	teste-t	gl	p	Observações
Grupo PA	3.75	19.75	27	0.000	significativo
Grupo PF	3.5	12.12	27	0.000	significativo
Total	3.625	21.07	55	0.000	significativo

Os valores calculados para o teste-t permitem-nos dizer que a diferença entre a pontuação média obtida depois do ensino e a pontuação média obtida antes do ensino, é significativa no Grupo PA, no Grupo PF e também para o grupo total de alunos ($p < 0.05$). O gráfico seguinte serve para ilustrar melhor a evolução que houve nos dois grupos, comparando a fase pós-teste com a fase pré-teste e também para se observar que

houve quase um paralelismo nessa evolução. Regista-se ainda uma certa coincidência de resultados médios na fase final do estudo.



- *Comparação entre os dados dos alunos do sexo masculino e os dados dos alunos do sexo feminino.*

O quadro 4.81. apresenta os dados obtidos nos questionários antes e depois do ensino, pelos alunos do sexo masculino e do sexo feminino de cada um dos grupos. Considera também, em separado, os resultados dos rapazes e das raparigas pertencentes ao grupo total de alunos inquiridos.

Quadro 4.81. Resultados obtidos no questionário antes e após o ensino (por sexos)

	Grupo PA				Grupo PF				Grupo total			
	Pré		Pós		Pré		Pós		Pré		Pós	
	mas.	fem.	mas.	fem.	mas.	fem.	mas.	fem.	mas.	fem.	mas.	fem.
Média	4.667	5.308	9.000	8.385	5.769	5.133	9.462	8.467	5.179	5.214	9.214	8.429
D.-pad.	2.024	2.394	1.927	2.142	2.743	2.356	1.127	2.066	2.405	2.331	1.595	2.063

A análise comparativa foi feita através de teste-t, análise de variância e “effect size”. O teste-t e a análise de variância foram aplicados aos dados resultantes dos alunos do sexo masculino e do sexo feminino antes e após o ensino, a fim de verificar se em cada um daqueles momentos havia diferenças significativas entre os dois sexos, quer no

Grupo PA, quer no Grupo PF, quer ainda para a totalidade dos alunos inquiridos. Os resultados obtidos constam no quadro 4.82.

Quadro 4.82. Diferença entre os resultados obtidos pelos alunos do sexo masculino e do sexo feminino (análise de variância)

	$\overline{Xm} - \overline{Xf}$	SS	MS	gl	razão F	p	Observações
Pré-PA	-0.6410	128.964	4.776	27	0.590	0.449	não significativo
Pré-PF	0.6359	170.857	6.328	27	0.436	0.515	não significativo
Pré-Total	-0.0357	302.839	5.506	55	0.003	0.955	não significativo
Pós-PA	0.6154	109.714	4.063	27	0.640	0.431	não significativo
Pós-PF	0.9949	81.857	3.032	27	2.391	0.134	não significativo
Pós-Total	0.7857	192.214	3.495	55	2.542	0.117	não significativo

$\overline{X1} - \overline{X2}$ = diferença entre médias (PA-PF); SS= "sum of squares"; MS= "mean square"; gl= graus de liberdade; F= razão F; p= nível de significância;

Observando o quadro 4.82 pode dizer-se que a diferença de médias indica que, no pré-teste, os resultados das raparigas do Grupo PA foram superiores aos dos rapazes do mesmo grupo e que, no Grupo PF, foram os rapazes que superaram as raparigas. Tomando em consideração todos os alunos inquiridos pode afirmar-se que, na globalidade, no momento antes do ensino, as raparigas obtiveram melhores pontuações médias do que os rapazes. Verifica-se também que que no pós-teste a diferença entre as pontuações médias é sempre positiva, o que significa que os resultados dos rapazes foram superiores aos das raparigas, tanto no Grupo PA, como no Grupo PF, e ainda considerando o conjunto de todos os alunos inquiridos. Os valores obtidos para a razão F indicam que essas diferenças, embora existam, não são estatisticamente significativas.

O "effect size" foi calculado a dois níveis diferentes: (1) estabelecendo a diferença entre resultados dos alunos de um determinado sexo pertencentes ao Grupo PF com os alunos do mesmo sexo pertencentes ao Grupo PA em relação ao desvio-padrão do Grupo PF (após o ensino); (2) considerando essa diferença em relação ao desvio-padrão dos ganhos entre o momento "antes" e o momento "depois" do Grupo PF. Os resultados obtidos para ES resumem-se no quadro 4.83.

Quadro 4.83. Valores obtidos para o ES (“effect size”) para comparação dos dois grupos (PF e PA)

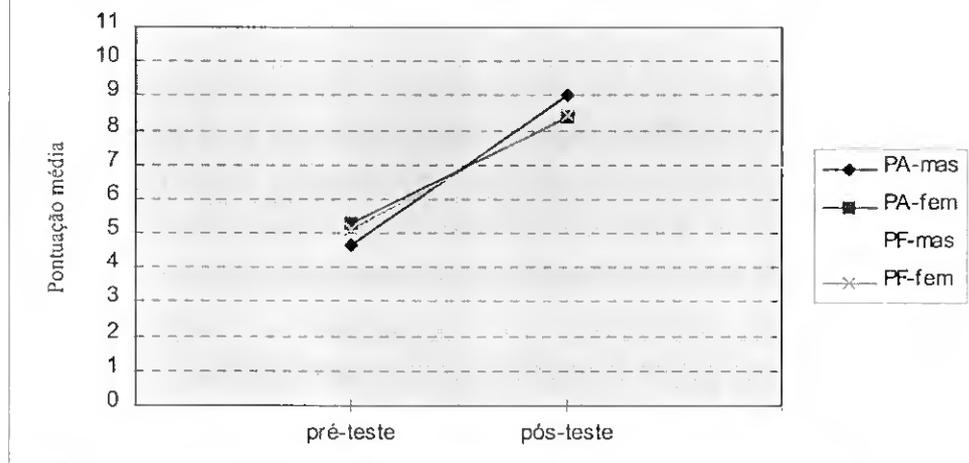
	Valores de ES
ES masculino	0.40967
ES feminino	0.03972
ES masculino (pre-pos)	0.22439
ES feminino (pre-pos)	0.03741

Pela análise do quadro anterior, pode dizer-se que, após o ensino, os rapazes do grupo PF demonstraram, em média, um nível inferior a de 0.410 desvios-padrão em relação aos rapazes do Grupo PA. As raparigas do Grupo PF revelaram, em média, um nível inferior a 0.040 desvios-padrão em relação às raparigas do Grupo PA. Em relação à comparação “pré-pós” pode dizer-se que houve um incremento aproximado de 0.224 desvios-padrão nos rapazes do Grupo PF, enquanto nas raparigas esse incremento foi cerca de 0.037 desvios-padrão.

O valor de t ou de F, ou mesmo de p, pode não dizer absolutamente nada acerca da magnitude verdadeira de uma diferença observada, pois tem que fazer face a uma série de critérios, entre os quais se destaca o número de sujeitos observados (Glass, McGraw & Smith, 1981). Todavia, através da análise da magnitude do efeito (ES), verificou-se que existiu um ganho considerável nos resultados obtidos pelos rapazes, comparativamente com as raparigas, o que poderá ter uma significância prática.

O gráfico seguinte ilustra a evolução verificada em cada um dos grupos, de acordo com o sexo. Observa-se que há alguma semelhança na evolução observada nos dois grupos de rapazes, o que também acontece nas raparigas. Além disso, é possível verificar que os rapazes do Grupo PA foram os que registaram uma evolução mais acentuada, tendo as raparigas desse mesmo grupo tido, talvez, a evolução menos vincada.

Gráfico 4.48. Evolução das pontuações obtidas no questionário por grupo e por sexo



4.8. Pergunta de Investigação 8: “Que aspectos da natureza da Ciência foram introduzidos nas aulas?”

Para dar resposta a esta pergunta é necessário, em primeiro lugar, rever o que são aspectos da natureza da Ciência. Vários autores (Lunetta & Tamir, 1979; Lunetta, Hofstein & Giddings, 1981; Germann, 1991; Boujaoude, 1995; Germann & Aram, 1996; Germann, Aram & Burke, 1996), apresentam alguns skills e procedimentos científicos importantes para a compreensão da natureza da Ciência, isto é, a Ciência enquanto processo de investigação ou de pesquisa constante. De entre esses procedimentos destacam-se, por exemplo: identificar um problema, formular hipóteses, identificar variáveis, planear experiências, fazer observações, registar dados, organizar dados, explicar relações, desenvolver generalizações, comunicar resultados e conclusões, formular novas questões baseadas na investigação, fazer previsões para novas situações.

A partir da análise das aulas descritas anteriormente (pergunta de investigação 4), é possível encontrar alguns daqueles aspectos, quer através da análise das actividades que foram propostas pela professora, quer através da análise de algumas intervenções dos alunos nas aulas.

- *Análise da aula nº 1 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

Partindo de quatro actividades de demonstração, sendo a quarta do tipo acontecimento discrepante, os alunos fizeram observações, tentaram encontrar explicações para os factos observados, compararam resultados de várias actividades, tentaram explicar diferenças encontradas, fizeram previsões e realizaram um relatório escrito (comunicaram). Em seguida, apresentaram-se alguns comentários dos alunos observados a partir dos segmentos transcritos da aula nº1 com cada um dos grupos. Saliente-se que alguns desses comentários podem não transmitir ideias correctas dos conceitos abordados, mas podem evidenciar aspectos que estejam em consonância com a natureza da Ciência.

A propósito da primeira actividade, quando se introduziu um copo invertido obliquamente numa tina com água, surgiram alguns comentários nos alunos do Grupo PA, dos quais se destacam: “...ao entrar a água, o ar vai saindo” (observação); “e depois provoca aquelas bolhinhas” (relação entre factos); “...e depois provoca aquelas bolhinhas... porque a água vai entrando” (interpretação); “à medida que o frasco vai entrando na água, o ar que estava dentro do frasco vai saindo; é isso que faz as bolhas” (explicação); “toda a água que foi lá para dentro do recipiente fez descer o nível da

água” (relação entre factos); “se nós pusermos assim na vertical, o ar que está dentro do frasco, com o frasco dentro de água, continua lá, a água não entra no frasco” (comparação de observações); “o copo vai ficar a boiar” (previsão); “sobe porque tem ar e o ar faz flutuar” (explicação); “tudo o que tem ar flutua” (generalização).

Do mesmo modo, também foi possível observar alguns comentários deste género nos alunos do Grupo PF: “o ar saiu” (observação); “estava dentro desse copo” (interpretação); “a água empurrou o ar cá para fora” (explicação); “o copo de vidro, ao entrar na água, como a água era muito maior, do que o ar que estava dentro do copo, foi entrando no copo e expulsando o ar; saiu em bolhas” (relação entre factos; explicação); “se se puser verticalmente na água, as bolhas soltam-se para a atmosfera” (previsão); “eu acho que não vai ser o mesmo, porque a professora, quando tinha o copo assim (na diagonal), o ar ia saindo lentamente; tinha tempo para sair e a água não ocupava; e nada o tapava como se pusesse a mão; se puser a mão, o ar não sai, fica lá dentro” (previsão, explicação da previsão; relação entre factos); “se existe oxigénio no ar, que não se vê, como é que existe na água, que se nota?” (pergunta); “o ar cria pressão dentro do copo e não deixa a água entrar” (explicação).

Sobre a última actividade (acontecimento discrepante), os alunos do Grupo PA apresentaram muitos comentários relevantes, tais como: “a folha de papel está seca” (observação); “o papel ficará seco” (previsão); “o papel ficará húmido porque pode ter entrado um bocadinho de água” (previsão seguida de explicação); “há bocado a professora pôs o copo dentro de água, cheio de ar, e não entrou água; agora pôs o copo na vertical, a água não pode ter entrado” (relação entre factos); “também podemos concluir que o ar tem força, porque se não tivesse força, a água entrava” (conclusão); “se o copo fosse muito bem posto e se não tivesse esse buraco, não tinha água lá dentro, se o papel caísse não se molhava” (levantamento de hipóteses); “professora, faça lá esta experiência com este copo... porque eu quero ver se com este entra água... é que este é plano e aquele tem aquele buraquinho” (proposta de uma experiência, com base na observação; levantamento de uma questão).

O alunos do Grupo PF também fizeram comentários através dos quais foi possível detectar aspectos da natureza da Ciência, tais como: “o papel está seco” (observação); “ficará igual... porque o copo está cheio de ar e não tem água” (previsão seguida de explicação); “uma boa experiência também era... primeiro experimentar com um papel assim um bocadinho colado... mas de maneira que quando estivesse lá dentro, a professora batia e o papel caía, para ver o que é que acontecia” (proposta de uma experiência e previsão de resultados); “se a professora tirasse o dedo, o copo virava-se e a água entrava dentro do copo” (levantamento de hipótese; previsão).

- *Análise da aula nº 2 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

Em relação à segunda aula, houve muitos aspectos da natureza da Ciência envolvidos, em ambos os grupos de alunos, pois as actividades práticas foram iguais para os dois grupos. Partiu-se de um resumo da aula anterior para se chegar a uma conclusão integradora.

Em seguida, a professora perguntou: “Como ter a certeza que o ar ocupa espaço?” e também “Que experiência podemos realizar?” (identificação de um problema; proposta de uma experiência para verificação de dados obtidos em experiências anteriores).

Os alunos realizaram uma experiência em grupo, construindo três montagens A, B e C, constituídas por uma garrafa de plástico e um funil colocado na boca de cada garrafa (realização de uma experiência). Nas montagens A e B vedaram o espaço entre garrafa e funil e na montagem C não (identificação de variáveis). Despejaram um pouco de água em cada funil: gota-a-gota na A e mais rapidamente na B e C (identificação de variáveis). Observaram o que aconteceu (observação, comparação de resultados).

Por fim, os alunos realizaram um relatório escrito onde incluíram o problema que levou à actividade experimental, as hipóteses levantadas, o material e procedimento utilizado na experimentação, o registo das observações e uma explicação e/ou conclusão para o fenómeno observado (comunicação).

- *Análise da aula nº 3 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

A terceira aula começou com uma conversa sobre as experiências realizadas nas aulas anteriores, para chegar a algumas questões, tais como: “Se o ar ocupa espaço, será que se pode tirar e pôr ar num recipiente?”; “Será que a quantidade de ar dentro de um recipiente pode variar?”; “Como será constituído o ar?” (levantamento de questões).

Os alunos do Grupo PA fizeram algumas sugestões para dar resposta àquelas perguntas, tais como: “podíamos encher um balão com ar até ele ficar cheio; assim, observamos o ar”; e “também se pode verificar que o ar ocupa espaço quando está assim, numa vasilha... por exemplo, um saco de plástico... se nós pusermos assim, e depois fechamos, aquilo fica assim... fica assim retido” (proposta de experiências para verificação da evidência).

Em seguida, depois dos alunos construírem em grupo uma montagem formada por uma garrafa de plástico perfeitamente tapada e ligada a um tubo de plástico, por sua vez ligado a uma seringa, pediu-se que imaginassem o aspecto do ar que ficou dentro do

sistema garrafa-tubo e que o representassem numa folha de papel, como se fosse possível vê-lo com uma grande ampliação. Mais tarde pediu-se aos alunos que fizessem duas representações do ar em situações diferentes: com mais ar do que na situação inicial e com menos ar do que no início.

A propósito da situação em que a quantidade de ar no sistema é menor, um aluno do Grupo PF propôs uma situação prática relacionada com a da aula: “Estava uma caixa cheia de ar e tinha um daqueles sistemas em que se põe uma coisa e se fecha... E depois aquilo abre e volta a fechar, metia-se lá dentro uma pedra e não dava tempo para o ar que ocupava o espaço da pedra sair. O que é que acontecia à caixa?” (propõe uma situação prática; coloca questões).

Também são interessantes algumas explicações dadas para os desenhos feitos. Por exemplo, três alunos do Grupo PA referiram: “Eu fiz assim: está um bocadinho de ar na palhinha e a maior parte do ar na garrafa” (comunicação e explicação); “Eu fiz o frasco com umas pintinhas que... estão assim muito apertadas... E então, não se nota que são pintinhas” (explicação, observação); “Eu, além de fazer este frasco mais cheio, também fiz aqui uma coisa: é que antes estava mais... as molas estavam mais apertadas aqui em baixo, mas depois veio mais ar e... assim, combateu as molas” (identificação de variáveis, comparação de resultados e explicação).

Nesta aula também houve oportunidade para os alunos fazerem previsões, nomeadamente antes de se passar para a situação em que aumenta a quantidade de ar no sistema. A professora perguntou: “O que pensam que vai acontecer? Eu vou conseguir comprimir a seringa bem?”. Ao que alguns alunos responderam: “Só um bocadinho... Só ao princípio”; “É que à medida que a professora vai enchendo, o ar que está lá, vai ficando cada vez mais apertado”; “Eu digo que chega a uma parte que já não consegue” (Grupo PA).

• *Análise da aula nº 4 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

Durante a quarta aula foram criadas várias oportunidades de introdução de aspectos da natureza da Ciência. Os alunos, de ambas as turmas, realizaram uma experimentação (em grupos de dois) com uma seringa, para observar situações em que o volume e a pressão de uma certa quantidade de ar variam.

Os alunos do Grupo PA, através do questionamento, puderam comunicar as suas observações (“Quando se tapa a seringa e empurra o êmbolo, chega a um ponto que não se consegue apertar mais”), previsões (“Será possível mudar o volume de uma quantidade de ar?”), propostas de actividades práticas (“Por exemplo, agora faltava uma cadeira e íamos buscar uma à outra sala... Ao trazer a cadeira da outra sala, o ar ficava

no lugar da cadeira”), interpretações (“Porque o ar fica apertado”), conclusões (“Porque o ar ocupa espaço”), comparações (comparando a quantidade de ar, o volume e a pressão, antes e depois de comprimir), relações com outros resultados (“É possível comprimir a água da mesma maneira?”)

Da mesma forma, também os alunos do Grupo PF, tiveram oportunidades de: colocar questões (“O que é que acontece quando o recipiente está completamente cheio de ar?”), tentar dar explicações e sugerir actividades (“O recipiente torna-se... É mais difícil de... é mais pesado. E, por exemplo, se for uma garrafa, é mais difícil apertá-la”).

• *Análise da aula nº 5 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

Esta aula começou com uma revisão dos temas abordados em aulas anteriores, resumindo-se as propriedades do ar já estudadas. Seguiu-se uma actividade prática, que consistiu numa demonstração do tipo acontecimento discrepante: um copo cheio de água foi coberto com uma folha de papel, virou-se o copo ao contrário e, durante alguns segundos, o papel não caiu e a água ficou retida no copo. Depois de um diálogo sobre esta primeira actividade, realizou-se outra demonstração, usando uma pipeta com alguma água e tapou-se o orifício superior da mesma para fazer com que a água não caísse; mais tarde, destapou-se a pipeta e verificou-se que a água caía. No final da aula fez-se uma proposta de trabalho de casa, em que os alunos iriam pensar e preparar uma actividade prática que permitisse mostrar que o ar tem peso.

Assim, os alunos do Grupo PA, a propósito da primeira actividade, puderam: fazer observações (“O papel não cai”), tentar interpretar (“Porque o ar puxou, “Porque a água cola”, “Porque o ar que está dentro do copo empurra a água para cima”), propôr alterações à actividade prática (“É possível repetir a experiência colocando mais água no copo?”), comparar resultados, tirar conclusões (“A água tem peso, mas o ar tem que fazer uma força para cima para poder contrariar esse peso”).

Aos alunos do Grupo PF foram criadas as mesmas oportunidades, uma vez que a actividade proposta foi conduzida da mesma forma, surgindo comentários igualmente interessantes: “O papel não cai” (observação), “Porque tem cola” (tentativa de interpretação), “É a pressão” (explicação), “E se em vez de um papel se pusesse um objecto mais pesado, como uma tampa?”; “E se se virar o copo mais depressa?”; “E se for mais devagar?” “E se for com menos água?” (fazer perguntas, propôr alterações à actividade, identificar variáveis, comparar resultados).

Acerca da segunda actividade (pipeta), houve oportunidades para os alunos dos dois grupos: observarem e interpretar (“A água, ao entrar na pipeta, vai ocupar o espaço do ar”), compararem com experiências anteriores (por exemplo, a da seringa da

aula anterior e, principalmente, com a que foi feita anteriormente nesta aula), encontrar semelhanças e diferenças (“Aqui não há papel a tapar, e a água também não cai”, “A quantidade de água é menos, o orifício é muito fininho”), interpretar (“Quando se destapa a pipeta, a água cai porque o ar faz força de cima para baixo e de baixo para cima, mas também há o peso da água para baixo”), tirar conclusões (“O ar exerce força”).

Em relação à proposta que é feita para trabalho de casa, também é possível detectar aspectos da natureza da Ciência, pois os alunos tiveram que: idealizar uma experiência (“Isso pode ser feito com um balão vazio e outro cheio”, “Podemos usar uma balança...”), planeá-la, seleccionar os materiais, executá-la, apresentá-la e comunicar os resultados (na aula seguinte).

• *Análise da aula nº 6 em termos de aspectos da natureza da Ciência*

A sexta e última aula do estudo começou com a apresentação, por parte dos alunos, da experiência planificada e construída em casa com materiais escolhidos por eles próprios. Seguiram-se alguns comentários e perguntas por parte dos outros alunos e da professora. Mais tarde, foi realizada uma actividade de demonstração, onde os alunos puderam observar um balão de borracha, colocado na boca de uma garrafa de vidro aquecida, a aumentar o seu volume. Sobre esta actividade, os alunos tiveram que fazer um esquema representativo do aspecto do ar nessa situação, caso fosse possível vê-lo. Finalmente, realizou-se uma última demonstração: com três velas acesas em condições diferentes (duas dentro de tinas com volumes diferentes e uma terceira destapada) e esperou-se que as velas se apagassem (excepto a terceira).

Assim, com a actividade programada em casa pelos alunos, foram criadas oportunidades para comunicarem e apresentarem experiências concebidas por eles próprios, observando resultados, interpretando e tirando conclusões. Foi possível verificar que alguns alunos tiveram cuidado e rigor com os materiais escolhidos (no caso de uma balança improvisada, usaram balões iguais, fios de igual comprimento, fazendo variar apenas a quantidade de ar no interior dos balões).

Com a primeira actividade de demonstração proposta pela professora nesta aula (aquecimento da garrafa de vidro), foram criadas oportunidades para os alunos, do Grupo PA e do Grupo PF, observarem (“O balão de borracha aumenta de tamanho”), tentarem explicar (“Fica cheio de ar... Que vem da garrafa de vidro”), concluírem (“O volume no ar aumenta, quando é aquecido”, “A variação da temperatura faz variar o volume do ar”), compararem factos (“Ao retirar a garrafa da água quente, colocando-a num local mais fresco, o balão de borracha diminui de tamanho”). Ao fazer o desenho

representativo do ar que se encontra no interior do sistema garrafa-balão, alguns alunos encontraram explicações para a evidência (“São as partículas de ar que estão a movimentar-se e a fazer aumentar o tamanho do balão”; “Ficam menos juntinhas, afastam-se e vão contra o vidro da garrafa e o balão”; “Como o balão é de borracha, elástico, pode esticar-se; no vidro isso não acontece porque não se deixa moldar”).

A propósito da segunda actividade de demonstração (das três velas acesas) os alunos puderam: identificar variáveis (a quantidade de ar disponível para vela é diferente), observar factos (as velas que estão tapadas apagam-se em momentos diferentes, enquanto a que está destapada não se apaga) e encontrar explicações relacionando os factos (“Isso tem a ver com a quantidade de ar que está em contacto com a vela”).

4.9. Pergunta de Investigação 9: “Foram utilizados, durante as aulas, exemplos da experiência anterior dos alunos?”

Ao longo das seis aulas que fizeram parte deste estudo, foi possível encontrar, a partir da análise dos segmentos de aulas gravados, vários momentos em que são utilizados exemplos da experiência anterior dos alunos. Essas situações surgiram de dois modos distintos: algumas foram provocadas explicitamente pela professora, ao pedir aos alunos que encontrassem exemplos da vida real que se pudessem relacionar com um determinado fenómeno observado na aula; outras surgiram de comentários ou perguntas colocadas espontaneamente pelos alunos. Seguidamente, apresenta-se um resumo onde se destacam exemplos de algumas dessas situações. Saliente-se que alguns comentários feitos pelos alunos, que aqui se apresentam, evidenciam ideias que não estão perfeitamente de acordo com as que são cientificamente aceites; porém, constituem exemplos que se relacionam efectivamente com as suas experiências anteriores.

Na primeira aula, a propósito das actividades em que se introduzem copos invertidos numa tina com água para provar a existência do ar, alguns alunos referiram:

“Por exemplo, se pusermos um livro... assim, de pé, se vier uma rajada de ar, o livro cai” (Grupo PA);

“Por exemplo, quando nós nos atiramos para a água, às vezes ficamos a flutuar... Porque o nosso corpo, assim como o copo que se virou, mas o nosso corpo... Nós temos ar dentro do corpo” (Grupo PA);

“Os barcos a motor, nós não temos que enchê-los de ar... Eles têm o próprio formato para flutuar... O material do barco também pode influenciar”; “Se houvesse um barco feito em algodão ia ao fundo... Porque o algodão absorve a água... Absorvia a água e a água faz peso... O algodão tem uns buraquinhos que... A água infiltra-se... e ficam com água... É que o algodão na água também vai ao fundo...” (Grupo PA);

“Quando uma pessoa, por exemplo, uma pessoa que vai ao fundo, não sabe nadar, quando perde o ar todo, vem para cima...” (Grupo PA);

“Eu já fiz uma experiência na piscina da minha casa. Eu agarrava-me ao bordo e depois enchia-me de ar e levantava-me e ia para cima. E depois, quando vazava ia mais para baixo... É que nós temos os pulmões cheios de ar, e o ar faz subir...” (Grupo PA);

“Os balões também sobem se tiverem outro tipo de gás... Nós, ao enchermos um balão, o balão fica cheio de ar... Há pessoas que conseguem encher botijas de água quente, conseguem enchê-las de água” (Grupo PA);

“Alguns objectos que mostram que o ar existe são: panela de pressão... armas de pressão... barómetros...” (Grupo PF);

“Por exemplo, temos uma sala cheia de coisas, não está espaço nenhum lá dentro e a sala (esta sala) faz de conta que estava cheia de água. Como não tinha espaço nenhum lá dentro, estava fechada... Não dava para pôr nada lá dentro, porque a água transbordava, saía... Como o copo é um recinto fechado, o ar não podia sair por lado nenhum porque a água está a tapar a outra saída que existe e não pode sair. Na sala, saía pela porta, se metêssemos outro objecto...” (Grupo PF);

“A minha turma na Escola Primária fez uma experiência parecida a essa do copo com o papel amarrotado no fundo” (Grupo PF);

“Por exemplo, um balão sem ar é muito mais pequeno... Se eu encher o balão de ar, fica muito maior... É que, por exemplo, um balão quando se enche, fica cheio... Mas passado um dia, não se fura, mas fica mole... Parece que perde o ar.” (Grupo PF);

Analisando o segmento gravado da segunda aula não foi possível encontrar situações em que foram usados exemplos da experiência anterior dos alunos. É possível que tenham surgido quando os alunos se encontravam a trabalhar em grupo, ou mesmo quando estavam a elaborar o relatório escrito, porém não houve registo desses eventuais momentos.

Durante a terceira aula também surgiram exemplos relacionados com as vivências anteriores dos alunos, desta vez a propósito, não só da existência do ar, como também de situações em que é possível observá-lo, sentir a sua presença, ver o seu movimento e verificar que ocupa espaço. Alguns desses exemplos são:

“Uma máquina de filmar que inventaram no Japão dá para ver o movimento...”
(Grupo PA);

“Se o ar estiver em movimento... É o vento, nós conseguimos ouvir... Um tornado... O vento passa e levanta pó e vê-se as partículas assim a... Eu vi um programa de televisão sobre tornados. Começavam pequeninos... E depois, ao longo que iam atravessando o oceano, iam aumentando.” (Grupo PA);

“Quando a gente pega assim num pacote de sumo e aquilo explode... Numa garrafa de coca-cola, que está cheia de gás, é mais difícil de apertar” (Grupo PA);

“Eu tenho estado a reparar... Um tanque cheio de água... O tanque está todo cheio de água. Só que a água move-se e para onde ela vai, não vai vazando... Não é como a maré.” (Grupo PA);

No segmento analisado da quarta aula também foi possível encontrar exemplos de situações relacionadas com a experiência anterior dos alunos, a propósito das propriedades do ar já estudadas e de outras ainda não abordadas. Seguidamente, apresentam-se alguns exemplos dessas situações:

“O ar é invisível... Consegue-se sentir através do vento... Não tem cor... Sem cheiro... Pode ser quente ou frio... Se estiver no Alasca é frio, se estiver no deserto é quente...” (Grupo PA);

“Às vezes, quando fazemos muita força, muita força no tubo, quando nós vamos libertar, o ar que estivémos a apertar, põe o... (êmbolo) para trás.” (Grupo PA);

“A água, por exemplo, terá esta propriedade? Se fosse água, 100 ml... Se eu tapasse aqui, eu conseguia comprimir a água?” (Professora) “Não, era impossível...” (Grupo PA);

“Eu não sei bem se isto é uma propriedade... é que nem tudo o que está aqui nesta sala é ar. É que há uns certos bocadinhos entre o ar que não é... Oxigénio e outros... E outros gases que nós podemos respirar... Não é só isso que há aqui nesta sala... Porque muitas vezes não tem ar... Não tem ar” (Grupo PF);

“Não tem cheiro... Não tem sabor... E também não se pode tocar.” (Grupo PF);

“Podemos sentir o ar através do vento, através da deslocação quando abanamos a mão... Podemos sentir quando uma porta se fecha...” (Professora; Grupo PF);

“Por exemplo, se for uma garrafa, é mais difícil apertá-la... E se for de vidro, por exemplo... Nós não conseguimos pôr lá mais ar... Ai, se forçar, o ar faz força... Poderá partir...” (Grupo PF);

“Às vezes, com água, quando está completamente cheio, se cair... Há recipientes que, quando estão completamente cheios de água, caem e não se partem...” (Grupo PF);

“Vocês sabem o que acontece quando nós estamos a encher um balão de borracha, vamos enchendo, enchendo... Até que chega a um certo ponto, e o que acontece?” (Professora); “Rebenta!” (Grupo PF);

“Se, por exemplo, fores a uma cidade muito poluída, o ar que lá existe é ar, mas com uma determinada constituição... Se fores a uma zona do campo, muito pouco poluída, a constituição do ar lá é diferente...” (Professora); “É mais saudável. (Grupo PF); “É por isso que se fala em ar poluído, ar puro...” (Professora);

“Se pusermos água dentro de uma garrafa com compota, ketchup, vinagre, vinho, azeite, mel...” (Grupo PF);

“A água da Serra da Penha será exactamente igual à água de Monchique?... Se calhar a água de outras zonas do país terá outros minerais...” (Professora);

“Ainda é possível nos tempos de hoje encontrar campos com o ar mais ou menos puro?” (Grupo PF).

No segmento analisado da quinta aula, quando se realizou a demonstração (acontecimento discrepante) do copo com água, invertido e tapado com um papel e também a demonstração da pipeta que fica com água retida no seu interior, também foi possível encontrar algumas situações em que a professora e os alunos fizeram referência a vivências da vida real, nomeadamente:

“Uma pipeta é parecido a um conta-gotas.” (Grupo PA);

“Ao sugar a água para dentro da pipeta, é parecido ao que se faz com a seringa.” (Grupo PA);

“Na Natureza, quando chove, quando faz vento, quando nós sentimos certos fenómenos... Seria possível apercebermo-nos da acção da pressão atmosférica?” (Professora); “As nuvens ficam carregadas de água, e a água não cai...” (Grupo PA); “E quando chove, o que acontece?” (Professora); “Tem a ver com a pressão, a temperatura, o peso da água...” (Grupo PA); “Muitos dos movimentos do ar na Natureza, o vento, os ciclones, os tornados... têm a ver com o ar quente e o ar frio... com a pressão...” (Professora);

“Imagina que tens um balão vazio e agora enches de ar. O que verificas?” (Professora; Grupo PA);

“Talvez com uma balança...” (Grupo PA); “É preciso que seja uma balança muito rigorosa...” (Professora);

“Se fosse com uma tampa, em vez do papel, a tampa caía...” (Grupo PF);

“Faz lembrar os ilusionistas...” (Grupo PF);

“A pipeta funciona como se fosse uma palhinha, em que a pessoa suga o ar... Quando bebemos um sumo, por exemplo, o que é que estamos a fazer?... Estamos a

fazer com que o ar saia da palhinha, para que o líquido vá ocupar esse espaço.” (Professora; Grupo PF);

Durante a aula número 6, também foram criadas oportunidades, quer pela Professora, quer pelos alunos, para estabelecer relações entre as actividades desenvolvidas na aula e a vida quotidiana dos alunos. Isso sucedeu, quer quando os alunos mostraram as experiências preparadas em casa para mostrar que o ar tem peso, quer quando se realizou a actividade da garrafa de vidro aquecida, com um balão de borracha na boca, quer ainda na actividade das três velas acesas. Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos dessas situações:

“O trabalho delas é semelhante a uma balança.” (Grupo PF);

“Uma placa eléctrica é como um fogão, serve para aquecer...” (Grupo PA);

“Essa garrafa de vidro vai-se partir...” (Grupo PA); “Não se quebra, porque é de um vidro especial, que não se parte com o calor.” (Professora);

“Quando está mais frio, quando está mais quente, ar frio, ar quente... Quando há ventos e ciclones... Será que tem alguma relação com isto?” (Professora); “Se há uma camada de ar quente que se encontra com uma camada de ar frio, na Natureza, isso faz com que haja grandes movimentações...” (Grupo PA);

“Esta experiência faz lembrar os balões de ar quente que às vezes se vêem na televisão, com cores muito bonitas, a transportar pessoas...” (Grupo PF);

“As velas só se apagam se nós soprarmos.” (Grupo PA);

“Quando uma vela está acesa... quando há fogo, quando há lume, o que acontece?” (Professora); “Isso é uma combustão, tem a ver com o oxigénio...” (Grupo PA);

“Eu já ouvi falar de alguns gases que existem no ar: oxigénio... azoto... dióxido de carbono. Também já ouvi falar em hélio e hidrogénio...” (Grupo PF).

4.10. Pergunta de Investigação 10: “Que tipos de actividades realizaram os alunos e quais os produtos dessas actividades?”

Na análise que tem vindo a ser feita para dar resposta às questões anteriores já foram referidas, por várias vezes, as actividades que os alunos realizaram nas aulas. Também se fez uma breve referência a alguns dos produtos dessas actividades. Todavia, para dar resposta a esta décima pergunta de investigação, interessa ver com mais pormenor que produtos foram esses, entendidos aqui como trabalhos realizados pelos

alunos, quer dentro, quer fora da aula, e de que tipo são esses produtos. No livro de anexos, encontram-se algumas cópias desses trabalhos.

Assim, na primeira aula, a partir da observação de várias demonstrações, para se verificar a presença do ar, propôs-se aos alunos, do Grupo PA e do Grupo PF, que realizassem um relatório escrito sobre as actividades realizadas na aula. Esse relatório foi feito em casa, individualmente.

O relatório dividiu-se em três partes, cada uma delas respeitante a uma actividade: 1ª) Mergulhar um copo invertido numa tina cheia de água; 2ª) Mergulhar um copo na vertical e um segundo copo invertido, fazendo passar o ar do primeiro copo para o segundo; e 3ª) Mergulhar um copo na vertical com um papel no fundo.

Em relação a cada actividade os alunos tentaram registar: o material que foi utilizado, o procedimento seguido, as observações e uma interpretação. No final, incluíram, no caso de conseguirem, uma conclusão que integrasse os resultados das várias actividades.

Durante a segunda aula os alunos, do Grupo PA e do Grupo PF, realizaram um pequeno relatório individual sobre uma actividade feita em grupo, a qual consistiu em introduzir água em três provetas (A, B e C), através de um funil colocado em cada uma, da seguinte forma: A) sem isolar o espaço entre funil e proveta; B) isolando o espaço entre funil e proveta, impedindo a passagem do ar; e C) procedendo como em B), mas deitando a água devagarinho.

O relatório deveria incluir o problema que levou à actividade experimental, as hipóteses que foram levantadas antes da realização da experiência, o material e o procedimento seguido, bem como o registo das observações efectuadas em cada montagem e uma tentativa de explicação e/ou conclusão para o fenómeno observado. Se quisessem, poderiam ilustrar o relatório com um esquema ou desenho do procedimento experimental.

Na terceira aula também foi realizado um trabalho individual, tanto pelos alunos do Grupo PA como pelos alunos do Grupo PF, a propósito da natureza e estrutura do ar. Esse trabalho veio no seguimento de uma actividade prática, realizada em grupo, de acordo com três etapas: 1º) Construir uma montagem formada por uma garrafa de plástico perfeitamente tapada com uma rolha, onde se introduz um tubo de plástico (vedando-se o espaço entre rolha e tubo com plasticina) e colocando-se na outra extremidade do tubo uma seringa de 100 ml; 2º) Encher a seringa com 100 ml de ar e introduzi-la na extremidade do tubo de plástico, pressionando o êmbolo da seringa na

direcção do tubo (ou seja, introduzindo mais ar na garrafa); e 3º) Retirar a seringa do tubo, voltando à situação inicial, para com ela completamente fechada, puxar o êmbolo para trás até à marca dos 100 ml (ou seja, retirando ar da garrafa).

No final de cada etapa os alunos fizeram um desenho representativo daquilo que imaginavam ser o aspecto do ar dentro do sistema garrafa-tubo-seringa, se fosse possível vê-lo com uma grande ampliação. Obteve-se, assim, de cada aluno, um conjunto de três esquemas do aspecto do ar: 1º) à pressão normal; 2º) com maior pressão (maior quantidade de ar no mesmo espaço); e 3º) com menor pressão (menor quantidade de ar no mesmo espaço).

Tal como nas aulas anteriores, também na quarta aula se solicitou aos alunos, do Grupo PA e do Grupo PF, um trabalho escrito, desta vez elaborado em grupos de dois elementos. Esse trabalho surgiu no seguimento de uma actividade prática de experimentação, também realizada em grupos de dois elementos, a qual consistiu em: puxar o êmbolo de uma seringa de 100 ml totalmente para trás, tapar o orifício que fica na extremidade da seringa e empurrar o êmbolo no sentido contrário, o máximo possível.

A partir desta actividade prática, pediu-se que os alunos imaginassem o aspecto do ar antes e depois de se empurrar o êmbolo e que o desenhassem nas duas situações, se fosse possível vê-lo, isto é, no estado normal e na situação em que se empurra o êmbolo o máximo possível para o interior da seringa. Além disso, os alunos tiveram que responder a duas perguntas, também em grupos de dois elementos: 1ª) Entre a primeira e a segunda situação, o volume do ar aumentou, diminuiu ou manteve-se?; 2ª) E a quantidade de ar no interior da seringa, aumentou, diminuiu ou manteve-se?. Desta forma, obteve-se de cada par de alunos, um conjunto de dois esquemas representativos do aspecto do ar em duas situações diferentes e duas respostas escritas a duas questões formuladas explicitamente pela professora.

Na quinta aula propôs-se, na parte final, aos alunos do Grupo PA e do Grupo PF, que pensassem e realizassem em casa uma experiência com materiais simples, escolhidos e/ou construídos por eles próprios, com o objectivo de provar que o ar tem peso. Assim, embora este trabalho não tenha um registo escrito, foi de facto efectuado pelos alunos e apresentado aos seus colegas e à professora na aula seguinte.

Na aula número seis também se solicitou aos alunos, do Grupo PA e do Grupo PF, a realização de um trabalho individual. Tratou-se de mais um esquema representativo do aspecto do ar, desta vez a propósito da seguinte actividade prática de

demonstração: colocou-se um balão de borracha na boca de uma garrafa de vidro e introduziu-se esta numa tina com água muito quente, para que os alunos observassem o que acontecia ao balão de borracha; mais tarde, retirou-se a garrafa da tina e colocou-se perto da janela, para que se observassem eventuais alterações no balão de borracha.

Solicitou-se aos alunos que imaginassem o aspecto do ar que se encontrava dentro do sistema garrafa-balão e o representassem nas duas situações: 1º) quando se colocou a garrafa dentro da tina com água quente e se viu o balão de borracha a aumentar de tamanho; e 2º) quando a garrafa deixou de estar em contacto com a água quente e, passado algum tempo, se observou o tamanho do balão a diminuir novamente. Obteve-se, assim, de cada aluno um conjunto de dois desenhos representativos do ar, em situações (de temperatura e volume) diferentes.

Além dos trabalhos que realizaram ao longo das seis aulas que fizeram parte da sequência de ensino preparada para este estudo, os alunos do Grupo PA e do Grupo PF realizaram um trabalho adicional, a pares, que também pode ser incluído no conjunto de produtos das actividades realizadas a partir daquelas aulas, uma vez que aborda questões que nelas foram tratadas. Esse trabalho foi realizado na aula que se seguiu às que fizeram parte do estudo (aquela que seria a sétima) e consiste num mapa de conceitos, onde os alunos tentaram integrar todas as propriedades do ar estudadas e também os principais constituintes do ar (assunto este que veio no seguimento da actividade realizada no final da sexta aula - três velas acesas em situações diferentes).

Em resumo, os trabalhos dos alunos, resultantes das actividades realizadas nas aulas, foram:

1. Relatório escrito, individual, feito em casa, sobre três actividades práticas de demonstração realizadas na aula nº 1;
2. Relatório escrito, individual, feito na aula, sobre uma actividade prática realizada em grupo na aula nº 2;
3. Conjunto de três esquemas, realizados na aula, individualmente, sobre uma actividade prática feita em grupo na aula nº 3;
4. Conjunto de dois esquemas e respostas a duas perguntas, realizados na aula, a pares, sobre uma actividade prática feita também a pares na aula nº 4;
5. Preparação e apresentação oral de uma experiência, em grupos de dois elementos (preparada em casa no seguimento da aula nº 5 e apresentada na aula nº 6);
6. Conjunto de dois esquemas, realizados na aula, individualmente, sobre uma actividade prática de demonstração feita na aula nº 6;

7. Mapa de conceitos realizado na aula, a pares, sobre as propriedades do ar abordadas em todas as aulas anteriores e sobre os gases que o constituem.

4.11. Pergunta de Investigação 11: “O uso do método experimental combinado com determinado tipo de questionamento será importante para o sucesso do aluno? Como?”

De acordo com Roth (1996), para promover a mudança conceptual nos alunos, os professores eficientes usam questões com o objectivo de ouvir as suas explicações e também proporcionar a elaboração de respostas e previsões que estejam em contradição com ideias intuitivas dos alunos acerca dos fenómenos naturais. As boas questões provocam o pensamento, são baseadas na experiência dos alunos e requerem o pensamento criativo. Num ambiente de sala de aula centrado no aluno, em que se solicita que manipule materiais e experimente, recomenda-se o uso de perguntas que incitem a reflexão e análise, de modo a promover uma perspectiva da Ciência, enquanto procura dinâmica de respostas (Harlen, 1985).

A pesquisa em laboratório por si só não é suficiente para ajudar os alunos a construir o complexo conhecimento conceptual da comunidade científica contemporânea (Lunetta, 1995). Se os conhecimentos dos alunos forem modificados em direcção aos que são aceites cientificamente, então a intervenção e negociação com o professor é essencial (Driver, 1995).

De acordo com o que os autores acima referidos defendem, parece que é importante combinar o uso do trabalho experimental com o questionamento, de preferência com perguntas que provoquem a reflexão e que permitam ouvir as explicações dos alunos.

Quando se tentou dar resposta à pergunta de investigação 3 (“Que estratégias utilizou a professora nas suas aulas sobre o ensino do tópico Estrutura e Propriedades do Ar?”), fez-se uma análise das planificações das seis aulas dadas para o ensino daquele tópico. Verificou-se que existiram actividades práticas em todas as aulas, as quais foram realizadas por ambos os grupos de alunos. Houve apenas distinção em relação à estratégia de questionamento praticada pela Professora. No Grupo PA houve uma tentativa de maior insistência nas perguntas abertas, ou seja, perguntas que servem para promover um debate de ideias, estimular o raciocínio dos alunos, dar liberdade à formulação de hipóteses e à especulação. Por outro lado, no Grupo PF não existiu a tentativa de um grande recurso a esse tipo de perguntas, mas sim a perguntas fechadas, isto é, que admitem apenas uma resposta correcta e normalmente curta.

De facto, através da análise das planificações das aulas, pôde verificar-se que houve actividades práticas em todas as aulas e que, antes, durante e após a realização de cada actividade, surgiram sempre perguntas, quer no Grupo PF, quer no Grupo PA. Observou-se ainda (na pergunta de investigação 5 - “Que tipo de perguntas foram formuladas pela professora durante o ensino daquele tópico?”) que o número total de perguntas formuladas em cada aula só foi consideravelmente superior no Grupo PA, em relação ao Grupo PF, nas aulas nº 3, nº 4 e nº 6.

Verificou-se também que ao longo das seis aulas que integraram a sequência de ensino, a Razão PA/PF (razão entre perguntas abertas e perguntas fechadas) foi sempre superior no Grupo PA (na opinião de ambos os observadores exteriores, O1 e O2), em relação ao Grupo PF. Todavia, existiram sempre perguntas abertas e fechadas durante todas as aulas, independentemente do grupo de alunos considerado.

Quando se tentou dar resposta à pergunta 5 (“Que tipo de perguntas...?”), fez-se também a análise do tipo de perguntas de acordo com um segundo nível de classificação: perguntas de História, de Relações, de Aplicação, de Especulação e de Explicação (Penick et al., 1996). As perguntas de História relacionam-se com a experiência vivida pelos alunos, as de Relações procuram padrões ou comparações de ideias, descobertas ou actividades, as de Aplicação testam a compreensão ou o conhecimento de algo, as de Especulação procuram a abstracção para novas situações e desenvolvem a imaginação e a criatividade e, finalmente, as de Explicação solicitam ao aluno que comunique uma ideia, processo ou teoria que clarifique a natureza de um fenómeno.

As perguntas de História foram mais frequentes no Grupo PF apenas nas aulas nº 1, nº 2 e nº 5. As perguntas de Relações foram superiores no Grupo PA, especialmente nas aulas nº 1, nº 3 e nº 6. As perguntas de Aplicação existiram com maior frequência no Grupo PF nas aulas nº 1, nº 5 e nº 6. As perguntas de Especulação predominaram no Grupo PA nas aulas nº 3, nº 4, nº 5 e nº 6. Por fim, as perguntas de Explicação, foram mais frequentes no Grupo PA nas aulas nº 1, nº 3, nº 4 e nº 6. Na globalidade, parece haver um ligeiro predomínio das perguntas de especulação e de explicação nas aulas com o Grupo PA. No entanto, pode dizer-se que todos os tipos de perguntas existiram em ambos os grupos, ao longo da sequência de ensino.

Assim, apesar de ter existido uma estratégia de questionamento relativamente diferente nos dois grupos de alunos em relação ao número de perguntas abertas e fechadas, houve um grande equilíbrio no que diz respeito a outros factores: actividades práticas realizadas, existência de questionamento em relação a cada actividade prática, surgimento de um grande número de perguntas e trabalhos produzidos pelos alunos em resultado das actividades práticas.

Quando se pretendeu dar resposta à pergunta de investigação 2 (“Que concepções são evidenciadas pelos alunos após o ensino do tópico...? Como se comparam os resultados do pré-teste com os resultados do pós-teste?”), verificou-se que a pontuação média obtida no questionário no pós-teste subiu bastante em relação ao pré-teste, tanto no Grupo PA, como no Grupo PF. Também se observou que a globalidade dos alunos entrevistados evoluiu positivamente em termos do abandono de concepções alternativas evidenciadas na fase pré-teste, o que aconteceu em ambos os grupos, excepto no Grupo PF, apenas no que diz respeito à ideia de que entre as partículas que constituem o ar há espaços vazios (só um aluno do Grupo PF adquiriu essa ideia, contra quatro alunos do Grupo PA).

4.12. Pergunta de Investigação 12: “Que outras características do ensino experimental se podem identificar em situações de sucesso dos alunos em termos de mudança conceptual?”

Lunetta (1995) defende que o trabalho experimental é uma estratégia de ensino que promove principalmente: a compreensão de conceitos científicos; o desenvolvimento de skills científicos práticos e capacidades de resolução de problemas; o desenvolvimento do interesse e motivação; e a compreensão da natureza da Ciência. Nussbaum & Novick (1982) sugeriram que o laboratório oferece condições e oportunidades para o conflito cognitivo, o qual pode promover a mudança conceptual significativa nos alunos. Neste sentido, Germann, Aram & Burke (1996) defendem que um dos processos cognitivos mais importantes que estão envolvidos num ambiente de trabalho experimental é a metacognição. Dekkers & Thijs (1993) sugerem que, quando o objectivo principal do professor é promover a compreensão de conceitos científicos específicos, algumas demonstrações bem conduzidas (e controladas) pelo professor podem ser mais eficazes que certas actividades de laboratório que envolvem a pesquisa livre por parte do aluno.

De acordo com os autores acima citados, pode dizer-se que na sequência de ensino posta em prática neste estudo, houve oportunidades para promover a compreensão de conceitos científicos, desenvolver skills científicos, desenvolver o interesse e a motivação e compreender a natureza da Ciência. Também surgiram várias situações de conflito cognitivo e de metacognição.

Quando, por exemplo, se confrontaram os alunos com acontecimentos discrepantes, como aconteceu na última actividade da primeira aula (introdução de um copo com um papel amarrotado no seu interior, virado ao contrário, numa tina com

água, verificando-se depois que o papel não fica molhado) e na primeira actividade da quinta aula (um copo cheio de água é coberto com um papel, virado ao contrário, no ar, e o papel e a água permanecem suspensos), criaram-se situações de conflito cognitivo. Os alunos ficaram perante situações inesperadas e, a princípio, não conseguiam explicá-las. Além disso, foram actividades que fizeram surgir imensas hipóteses explicativas e previsões (por exemplo, “talvez o papel tivesse cola” e “eu penso que a água vai cair”). Quando, através do questionamento, se pediu que relacionassem estas actividades com outras, executadas antes e depois, os alunos começaram a reflectir sobre as suas ideias prévias e já foram capazes de se aproximar da concepção correcta.

Por outro lado, estas actividades também criaram um grande entusiasmo pelas aulas de Ciências, verificando-se um grande interesse e motivação por parte de muitos alunos. Este facto tornou-se evidente quando, logo após a primeira aula, alguns elementos de ambos os grupos começaram a chegar mais cedo às aulas para perguntar se se iriam realizar mais actividades daquele género. Outros preferiam ficar na sala depois da aula e passar o intervalo a repetir as experiências. Outros ainda diziam que as iam executar novamente mal chegassem a casa.

Ao longo da sequência de ensino foram criadas várias situações em que se melhorou, em muitos alunos, a compreensão de conceitos científicos que, no início não pareciam estar apreendidos. Por exemplo, a noção de que o ar tem natureza corpuscular, a ideia de vácuo entre as partículas que o constituem, o conceito de pressão atmosférica, as propriedades de peso, volume e compressibilidade, foram melhoradas por muitos alunos de ambos os grupos. Este facto pôde ser constatado na fase pós-teste com a evolução demonstrada em relação à fase pré-teste, nas respostas dadas a perguntas que se relacionavam directamente com aqueles conceitos (quer no questionário, quer nas entrevistas).

Numa perspectiva construtivista social (Millar & Driver, 1987), quando os alunos interagem com problemas que consideram importantes e ligados às suas experiências, podem desenvolver mais conceitos científicos se dialogarem com os seus pares (colegas e professor). O trabalho de laboratório pode ajudar o aluno a comparar e a discutir dados. O debate à volta da interpretação de dados permite normalmente que os alunos desenvolvam conceitos e percepções mais sofisticadas acerca da validade dos dados, da generalização de descobertas e de possíveis relações do tipo causa-efeitos (Lunetta, 1995). Quando os professores recorrem ao trabalho de grupo, numa perspectiva de cooperação, parece haver uma maior relação entre o trabalho prático realizado na sala de aula e o alcance de mais sucesso, o desenvolvimento de skills e da auto-estima (Lunetta, 1990 e Qin, Johnson & Johnson, 1995).

Na sequência de ensino que fez parte deste estudo também houve oportunidades para os alunos realizarem trabalho experimental em grupo. Isso aconteceu na segunda aula, quando se propôs uma actividade com três montagens A, B e C (provetas com funis) com o objectivo de verificar que o ar existe e ocupa espaço. O mesmo se passou na terceira aula, quando se formaram grupos para fazer variar a quantidade de ar num sistema constituído por garrafa-tubo-seringa. Na aula nº 4 existiu outra actividade de cooperação entre alunos, desta vez em grupos de dois elementos, em que se pedia que manipulassem uma seringa de forma a comprimir ao máximo o ar que estava no seu interior e também que, em grupo, representassem o aspecto do ar antes e depois da compressão. Houve uma outra actividade realizada em grupos de dois elementos com um objectivo um pouco diferente: aconteceu no final da quinta aula, quando se propôs aos alunos que idealizassem e preparassem uma experiência que permitisse demonstrar que o ar tem peso.

Pelo que foi acima referido, pode dizer-se que a sequência de ensino que foi programada para este trabalho de investigação, esteve repleta de situações potencialmente promotoras de atitudes de cooperação, de interesse e de gosto pela Ciência, proporcionando igualmente o desenvolvimento da compreensão de conceitos científicos e da natureza da Ciência e ainda a aquisição de processos metacognitivos.

4.13. Pergunta de Investigação 13: “Que efeitos tem sobre as concepções dos alunos, um ensino experimental como o que foi levado a cabo neste estudo?”

A resposta a esta última pergunta de investigação pretende ser uma síntese global dos resultados obtidos, em termos dos efeitos positivos nas concepções dos alunos, os quais foram supostamente provocados pelo tipo de ensino implementado. No quadro 4.85 apresentam-se os resultados obtidos no questionário na fase pré-teste e na fase pós-teste, no que diz respeito às concepções correctas evidenciadas pelos alunos do Grupo PA e do Grupo PF para as onze variáveis analisadas, as quais se relembram seguidamente:

- Variável 1: Reconhecimento da presença de ar num recipiente;
- Variável 2: Concepção da estrutura do ar;
- Variável 3: Concepção da distribuição do ar num recipiente fechado;
- Variável 4: Selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado;

Variável 5: Selecção do esquema que pior representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado;

Variável 6: Reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia;

Variável 7: Reconhecimento de que o ar tem peso;

Variável 8: Reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão;

Variável 9: Selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes;

Variável 10: Concepção da expansão e movimento do ar quando é aquecido;

Variável 11: Reconhecimento da existência de pressão atmosférica.

Quadro 4.84. Concepções correctas (em %) evidenciadas no questionário nas fases pré-teste e pós-teste

Variáveis	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF
Variável 1	46.4	57.1	92.9	96.4
Variável 2	17.9	28.6	89.3	96.4
Variável 3	46.4	39.3	75.0	85.7
Variável 4	25.0	42.9	71.4	78.6
Variável 5	53.6	60.7	71.4	75.0
Variável 6	57.1	46.4	89.3	71.4
Variável 7	46.4	53.6	92.9	89.3
Variável 8	78.6	82.1	78.6	85.7
Variável 9	53.6	67.9	96.4	89.3
Variável 10	28.6	25.0	71.4	57.1
Variável 11	42.9	39.3	42.9	67.9

Pela análise do quadro 4.85 verifica-se que, na globalidade, houve em ambos os grupos uma melhoria substancial em termos da percentagem de concepções correctas existentes no pós-teste, em relação ao pré-teste. Em relação a cada uma das variáveis, pode dizer-se que houve um aumento do número de concepções correctas em todas, excepto na variável 8 (reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão) e na variável 11 (reconhecimento da existência de pressão atmosférica), onde o número de oncepções correctas evidenciadas no Grupo PA foi igual no pré-teste e no pós-teste. Em nenhuma variável se verificou diminuição do número de concepções correctas.

Nos quadros 4.86 e 4.87 são mostradas as pontuações médias obtidas no questionário no pré-teste e no pós-teste, por grupo de alunos e por sexo. Essas pontuações podiam variar entre 0 e 11 pontos, uma vez que a cada concepção correcta evidenciada se atribuiu um ponto. O primeiro quadro faz referência aos resultados do Grupo PA e PF separadamente, enquanto que o segundo quadro diz respeito à amostra total.

Quadro 4.85. Pontuações médias obtidas no questionário no pré-teste e no pós-teste, por grupo de alunos e por sexo

	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo PA	Grupo PF	Grupo PA	Grupo PF
Total de alunos	4.964	5.429	8.714	8.929
Rapazes	4.667	5.769	9.000	9.462
Raparigas	5.308	5.133	8.385	8.467

No quadro anterior pode verificar-se que houve uma melhoria em termos das pontuações médias obtidas no questionário, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF, tanto no que diz respeito aos rapazes como no que diz respeito às raparigas. Essa melhoria foi um pouco mais acentuada nos rapazes do que nas raparigas.

Quadro 4.86. Pontuações médias obtidas no questionário no pré-teste e no pós-teste, considerando a amostra total de alunos

	Pré-teste	Pós-teste
Total de alunos	5.196	8.821
Rapazes	5.179	9.214
Raparigas	5.214	8.429

Relativamente à amostra total também se verifica uma melhoria considerável nas pontuações médias obtidas no pós-teste, em comparação com o pré-teste, tanto para a totalidade dos alunos respondentes, como para os rapazes e raparigas tomados separadamente. Observa-se também que essa melhoria foi mais acentuada nos rapazes do que nas raparigas.

No que diz respeito aos resultados obtidos nas entrevistas, também é possível comparar a fase pré-teste com a fase pós-teste, em termos de respostas correctas. O quadro 4.88. apresenta esquematicamente o número de respostas consideradas certas que foram dadas pelos doze alunos entrevistados (seis de cada grupo) antes e após o ensino do tópico. Antes disso, é necessário recordar as principais perguntas elaboradas nas entrevistas e que foram objecto de análise:

- 1.1. O que acontece quando se puxa o êmbolo para trás?
- 1.2. Elabora um desenho que represente o ar que está dentro da seringa.
- 1.3. Quando se empurra o êmbolo no sentido contrário, tapando o orifício, o que acontece ao ar?
- 1.4. Elabora um esquema que represente o ar na segunda situação (comprimido).
- 1.5. Existe alguma coisa entre as partículas de ar?
- 2.1. Qual é a diferença entre os balões?
- 2.2. O que pensas que vai acontecer quando se pendurarem os balões na balança?
- 2.3. O que aconteceu aos balões? Como explicas o sucedido?
- 3.1. Ao colocar o frasco na tina com água quente o que acontece? De que se enche o balão de borracha?
- 3.2. Ao retirar o frasco da tina o que acontece? Para onde foi aquilo que estava dentro do balão?
- 4.1. Como explicas que a água não caía quando tapamos com o dedo o orifício superior da pipeta?
- 4.2. Porque será preciso destapar a pipeta para a água cair?

Quadro 4.87. Número de respostas correctas dadas nas entrevistas na fase pré-teste e na fase pós-teste, por grupo de alunos

Respostas correctas	Pré-teste		Pós-teste	
	PA	PF	PA	PF
1.1. A seringa fica com ar vindo do exterior ou fica com mais ar.	5	5	5	4
1.2. O ar é constituído por partículas.	0	0	6	6
1.3. O ar é o mesmo, mas mais apertado.	3	5	6	5
1.4. O ar é constituído por partículas e estas ficam mais juntas.	1	0	5	5
O ar ocupa um volume menor.	5	4	6	6
1.5. Não existe nada entre as partículas.	1	2	4	1
2.1. Um balão está vazio e outro está cheio de ar.	6	6	6	6
2.2. O balão cheio desce (é mais pesado).	3	2	6	6

2.3. O balão cheio desceu porque com o ar torna-se mais pesado.	6	5	6	6
3.1. O ar do frasco aquece, sobe e enche o balão.	2	5	4	3
3.2. O ar sai do balão e entre novamente no frasco.	3	5	6	6
4.1. Porque o ar do exterior empurra a água para cima.	2	0	2	2
4.2. Porque o ar entra por cima e empurra a água para baixo.	3	4	5	6

Em relação às respostas correctas apresentadas, verifica-se que, na globalidade, há uma melhoria na fase pós-teste, comparativamente com a fase pré-teste. Houve, no entanto, casos em que se verificou uma diminuição no número de concepções correctas. Isso só aconteceu com alunos do Grupo PF nas respostas às perguntas 1.1., 1.5. e 3.1.. Houve ainda casos de respostas que, podendo ainda ter alguma evolução na fase pós-teste, não tiveram (o número de respostas correctas foi igual no pré-teste e pós-teste). Foi o que se passou em relação às perguntas 1.1. (Grupo PA), 1.3. (Grupo PF) e 4.1. (Grupo PA).

Interessa agora salientar que factores poderão ter contribuído para uma evolução tão acentuada do número de concepções correctas evidenciadas após o ensino do tópico, quer nos alunos do Grupo PA, quer nos alunos do Grupo PF.

O quadro 4.89. apresenta esquematicamente as estratégias utilizadas pela professora ao longo das seis aulas sobre o ensino do tópico Estrutura e propriedades do ar.

Quadro 4.88. Resumo das estratégias utilizadas pela professora no ensino do tópico

Aula	Diálogo inicial	Demonstrações (Ac. Discrepantes)	Trabalho experimental (em grupo)	Questionamento	Relatórios escritos	Esquemas ou desenhos
1		X		X	X	
2	X		X	X	X	
3	X		X	X		X
4	X		X	X		X
5	X	X		X		
6		X	X	X		X

Pela análise do quadro anterior, pode verificar-se que: o questionamento esteve presente em todas as aulas; houve sempre actividades práticas (por vezes, demonstrações sendo algumas do tipo “acontecimento discrepante” e, outras vezes,

trabalho experimental realizado em grupos de 4 a 5 elementos ou a pares); houve diálogo inicial com o objectivo de motivar os alunos em quatro aulas; e, finalmente, existiu sempre um trabalho escrito pelos alunos (ou relatório ou esquema), excepto da quinta aula.

Quando se tentou dar resposta à pergunta de investigação 5 (relativa ao tipo de interacção verbal mantida entre professora e alunos), não se verificaram grandes diferenças entre os grupos no que diz respeito ao índice IA/IP (razão entre intervenções dos alunos e intervenções da professora), ao índice TA/TP (razão entre tempo usado pelos alunos e tempo usado pela professora) e ao tempo de silêncio. Também não se registaram diferenças entre os grupos quanto ao número médio de intervenções em cada aula, por aluno, para os rapazes e para as raparigas. Foi interessante verificar que o número médio de intervenções dos rapazes em cada aula foi sempre superior ao das raparigas, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF.

Na pergunta de investigação 6 (onde se fez a análise do tipo de perguntas formuladas pela professora) verificou-se que, efectivamente, houve um predomínio do número de perguntas abertas no Grupo PA e de perguntas fechadas no Grupo PF. Em relação ao segundo nível de classificação das perguntas (História, Relações, Aplicação, Especulação e Explicação), não se observaram grandes diferenças entre os dois grupos.

Finalmente, nas perguntas de investigação 8, 9, 10, 11 e 12, verificou-se que, ao longo do ensino do tópico Estrutura e propriedades do ar, houve: introdução de aspectos da natureza da Ciência nas aulas realizadas com o Grupo PA e com o Grupo PF; utilização de exemplos da experiência anterior dos alunos, tanto com o Grupo PA como com o Grupo PF; realização do mesmo tipo de actividades e produção do mesmo género de trabalhos quer pelos alunos do Grupo PA, quer pelos alunos do Grupo PF; utilização do método experimental combinado com o questionamento, em ambos os grupos de alunos; e, finalmente, existência de outras características do ensino experimental (compreensão de conceitos científicos, trabalho de grupo, demonstrações, conflito cognitivo, entre outras) tanto no Grupo PA como no Grupo PF.

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste capítulo pretende-se discutir os resultados apresentados no capítulo anterior sobre as concepções alternativas evidenciadas pelos alunos do estudo antes e após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”, discutir os vários aspectos das metodologias de ensino utilizadas e pretende-se ainda identificar possíveis relações entre as diferenças verificadas nos dois momentos com algumas das estratégias e técnicas de ensino utilizadas pela professora nas suas aulas. Também se pretende explicar o facto de não se terem verificado diferenças significativas entre os dois grupos estudados, na fase posterior à sequência de ensino. A partir dessa discussão tentar-se-á tirar algumas conclusões sobre a possível influência do uso de algumas estratégias e técnicas de ensino no abandono, por muitos alunos, da maioria das concepções alternativas reveladas antes do ensino do tópico. No final deste capítulo serão tecidas algumas considerações sobre a importância do estudo na elaboração de futuros projectos de investigação a desenvolver nesta área, designadamente projectos que envolvam o ensino para a mudança conceptual.

5.1. Discussão dos resultados

Neste ponto pretende-se explorar as diferenças manifestadas entre as concepções evidenciadas antes do ensino do tópico e após o ensino, pela totalidade de alunos em estudo, uma vez que foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos nos dois momentos, com valores mais elevados no pós-teste. Não se encontraram diferenças significativas entre os dois grupos (PA e PF) na fase que sucedeu o ensino do tópico, pelo que não será possível tirar conclusões sobre a influência do tipo de perguntas formuladas pela professora, na mudança conceptual que efectivamente se verificou na globalidade dos alunos. No entanto, tentar-se-á explicar precisamente por que razão não se verificaram diferenças entre os dois grupos, ou seja, que factores ou variáveis terão contribuído para a mudança conceptual que existiu nos alunos de ambos os grupos de uma forma quase paralela.

5.1.1. Concepções alternativas evidenciadas antes do ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar”

Com o auxílio do questionário administrado antes do ensino, foi possível detectar a existência de algumas concepções alternativas, relacionadas com este tema, nos alunos de ambos os grupos, nomeadamente:

1. Muitos alunos (48.3%) não reconhecem a presença de ar no interior de um recipiente que, inclusivamente, se encontra aberto.
2. Um grande número de alunos (75.9%) não concebe o ar como matéria corpuscular, recorrendo, a grande maioria, a um modelo de matéria contínua para o representar.
3. São também muitos os alunos (56.9%) que têm uma concepção alternativa em relação à natureza e distribuição do ar no interior de um recipiente fechado, não reconhecendo que o ar é uma matéria que se espalha por todo o espaço disponível.
4. São poucos os alunos (cerca de 12.1%) que possuem, simultaneamente, uma concepção correcta, quer em relação à natureza (estrutura) do ar, quer à sua distribuição. Estes alunos foram os únicos que elaboraram um desenho do tipo “matéria corpuscular expandida” para representar o ar.
5. Numa situação de escolha de entre vários desenhos do ar, verifica-se que há muitos alunos (65.5%) que evidenciam ter concepções alternativas em relação ao esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar. Saliente-se que grande parte dos alunos que escolheram uma representação não condizente com a aceite cientificamente, optaram por um desenho do tipo “matéria contínua concentrada” (47.4%).
6. Em relação à escolha do desenho que pior representa a estrutura e distribuição do ar, observa-se que há menos concepções alternativas (44.8%), tendo portanto mais de metade dos alunos inquiridos optado por uma representação do tipo “matéria contínua concentrada”, que é a que se afasta mais da concepção científica corrente, pois encerra, em si mesma, duas concepções alternativas (natureza contínua e distribuição concentrada).
7. Metade dos alunos (ou seja, 50%) revelam concepções alternativas no que diz respeito ao reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado não varia. Muitos desses alunos (69%) admitem que, numa situação de compressão (como acontece com a seringa), a quantidade de ar diminui.
8. Também são muitos os alunos (51.7%) que evidenciam ter concepções alternativas em relação ao reconhecimento de que o ar tem peso. De entre esses, cerca de 70% pensam que um balão cheio de ar é mais leve do que outro que está vazio.

9. Não são muitos os alunos (22.4%) que revelam possuir concepções alternativas a respeito do reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão, uma vez que na situação da pipeta que contém água, a maior parte dos alunos reconhecem que é preciso destapar a pipeta para que o ar entre, exerça pressão sobre a água e ocupe o espaço deixado por ela.
10. O número de alunos que manifestam ter concepções alternativas relativamente à ordem por que se apagam três velas em diferentes situações, é considerável (41.4%), sendo de salientar que de entre estes, há 41.7% que consideram que a primeira vela a apagar-se é a que não está tapada e a última a que está tapada pela caixa mais pequena, o que revela uma ideia totalmente contrária à que é aceite cientificamente.
11. É muito elevado (72.4%) o número de alunos que revelam concepções alternativas quanto ao movimento por expansão do ar quando sujeito a um aquecimento repentino. Muitos desses alunos (52.4%) atribuem o aumento do volume de um balão de borracha colocado na boca de uma garrafa de vidro com ar aquecido bruscamente, a um aumento da quantidade de ar no interior da garrafa.
12. São muitos os alunos (60.3%) que evidenciam concepções alternativas em relação ao reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre as coisas e, de entre esses, são vários (42.9%) os que explicam o fenómeno de fixação de uma ventosa a uma parede, dizendo que a borracha da ventosa se cola à parede.

Em suma, pode dizer-se pelos resultados obtidos nos questionários, que antes do ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar” muitos dos alunos pertencentes ao estudo possuíam concepções alternativas em todos os itens abordados. Os temas que parecem suscitar um maior número de concepções alternativas são, para estes alunos, os que se relacionam com a natureza (estrutura) e distribuição do ar, com o movimento intrínseco do ar quando é sujeito a aquecimento e com a pressão que exerce sobre os objectos. O assunto que parece não levar ao aparecimento de muitas concepções alternativas, nestes alunos, é o que se relaciona com o reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão, na situação da pipeta com água.

Além das concepções alternativas identificadas com o questionário, foi ainda possível encontrar outras, ou as mesmas noutra contexto, quando se realizaram entrevistas a 12 dos alunos em estudo. Dos dados obtidos nas entrevistas conduzidas antes do ensino do tópico, destaca-se que:

1. A maior parte dos alunos (10) reconhecem que o ar existe e se introduz nos recipientes (como , por exemplo, uma seringa).

2. Todos os alunos entrevistados recorrem a representações do tipo “matéria contínua” para desenhar o ar.
3. Muitos dos alunos (8) reconhecem que quando se comprime o ar que se encontra dentro de uma seringa, a quantidade de ar mantém-se, mas fica mais “apertado” (usando um termo dos próprios alunos).
4. Ao elaborar um esquema que representa o ar numa situação de compressão, apenas um aluno usa um modelo do tipo “matéria corpuscular”, recaindo os restantes em representações do tipo “matéria contínua”. Destes, alguns pretendem estabelecer diferenças entre esta situação e a situação em que o ar não se encontra comprimido, pintando o seu interior com um tom mais escuro, ou desenhando linhas mais juntas umas das outras. Três dos alunos entrevistados representam o ar num volume igual em ambas as situações.
5. Ao serem confrontados com uma situação em que o ar é tido como matéria corpuscular, apenas três alunos admitem que entre as partículas de ar nada existe. Dos restantes, 6 referem que nesses espaços, também há ar e os outros 3 alunos não conseguem dar uma resposta.
6. Todos os alunos conseguem referir que a diferença entre dois balões (um cheio de ar e outro vazio) reside na quantidade de ar que se encontra no seu interior.
7. Mais de metade dos entrevistados (7) prevêm que ao suspender dois balões (um cheio e outro vazio) numa balança, esta irá pender para o lado do balão vazio, pois o balão que contém uma maior quantidade de ar “é mais leve”.
8. Ao serem confrontados com a demonstração experimental que contraria a sua afirmação, quase todos os alunos reformulam a sua ideia, dizendo que afinal o balão cheio é mais pesado do que o outro. Apenas um aluno não consegue explicar o sucedido.
9. Perante uma situação em que se observa o aumento do volume de um balão de borracha colocado na boca de uma garrafa de vidro em contacto com água muito quente, mais de metade dos alunos (7) referem que o balão se enche de ar proveniente da garrafa, mas sublinham que esse ar subiu todo para o balão. Os restantes alunos dizem que o ar que encheu o balão veio da água quente (3) ou o balão encheu-se de vapor proveniente também da água quente (2).
10. Ao observar o fenómeno inverso do anterior, ou seja, que em contacto com uma superfície fria, o volume do balão diminui, mais de metade dos alunos (8) afirmam que o ar vai ocupar o espaço onde estava antes (descendo para a garrafa). Dos restantes, 3 afirmam que não sabem responder e um aluno refere que o ar do balão vai para a água.

11. Em relação ao fenómeno de uma certa quantidade de água no interior de uma pipeta, 5 dos alunos entrevistados, explicam-no dizendo que o dedo que tapa o orifício superior impede que o ar “empurre” a água para baixo e dois referem que o ar do exterior também empurra a água de baixo para cima. Há 4 alunos que atribuem esse acontecimento à acção do ar que está dentro da pipeta, o qual “prende” a água, e um aluno não consegue dar resposta.
12. Finalmente, quanto à explicação dada para a necessidade de se destapar a pipeta para fazer a água cair, 7 alunos respondem que o ar entra na pipeta e “empurra” a água para baixo. Dos restantes, 4 atribuem esse resultado ao ar que está dentro da pipeta, dizendo que esse ar tem que sair por cima (3 alunos) ou que esse ar sai de dentro da água (um aluno). Um aluno não consegue responder.

Resumindo, através dos dados obtidos nas entrevistas antes do ensino, pode dizer-se que os temas relacionados com o ar que fazem surgir um maior número de concepções alternativas nos alunos, são os que se relacionam com a representação da sua estrutura e distribuição, com a existência de espaços vazios entre as partículas, com o peso e com o maior movimento intrínseco das partículas quando sujeitas a aquecimento. Os itens que parecem suscitar menos concepções alternativas prendem-se com o reconhecimento de que o ar existe e ocupa espaço e exerce pressão.

Estas considerações são condizentes com as considerações desenvolvidas acerca dos resultados obtidos no questionário, tendo vindo reforçar e clarificar a opinião formada acerca das concepções alternativas mais reveladas e menos reveladas por estes alunos. Daí, a importância de se terem efectuado entrevistas a alguns alunos: não só permitiram sublinhar e dar consistência aos resultados obtidos no questionário, como também descobrir concepções que não haviam sido afloradas nessa ocasião (nomeadamente, a existência de espaços livres entre as partículas do ar).

5.1.2. Comparação das concepções evidenciadas antes e após o ensino

A análise comparativa dos resultados obtidos nos questionários administrados ao grupo total de alunos antes e após o ensino do tópico “Estrutura e propriedades do ar” permite afirmar que:

1. Em relação ao reconhecimento da presença de ar num recipiente, verificou-se que o número de alunos com concepções alternativas desceu muito (passou de 48.2% no pré-teste para 5.4% no pós-teste), mostrando que são agora em pequeno número os alunos que continuam a não reconhecer a presença do ar naquela situação.

2. Quanto à concepção da estrutura do ar, observou-se igualmente uma grande descida do número de concepções alternativas reveladas (de 76.8% para 7.1%). Os alunos que continuam a não ter uma ideia correcta da estrutura do ar, representam-no como se fosse “matéria contínua”.
3. Relativamente à concepção da distribuição do ar num recipiente fechado, constatou-se igualmente um decréscimo do número de concepções alternativas evidenciadas (de 57.1% no pré-teste para 19.6% no pós-teste). No grupo de alunos que ainda parecem não ter uma ideia correcta em relação a esta variável, a maior parte recorrem a uma representação do tipo “matéria corpuscular concentrada”.
4. Quanto ao número de alunos que revelam possuir uma ideia correcta, em simultâneo, quer quanto à estrutura, quer quanto à distribuição do ar, verifica-se que houve uma evolução de 12.1% para 76.8%.
5. No que diz respeito à selecção do esquema que melhor representa a estrutura e distribuição do ar num recipiente fechado, verificou-se também uma descida do número de concepções alternativas reveladas (de 66.1% para 25.0%). As concepções alternativas que ainda permanecem são sobretudo de dois tipos: “matéria corpuscular concentrada” (42.9%) e “matéria contínua expandida” (42.9%).
6. Quanto à selecção do pior esquema representativo da estrutura e distribuição do ar, verificou-se igualmente uma descida do número de concepções alternativas evidenciadas (de 42.9% para 26.8%). De entre as concepções alternativas que ainda persistem na fase final, destacam-se as do tipo “matéria corpuscular concentrada” (60%).
7. Em relação ao reconhecimento de que a quantidade de ar no interior de um recipiente fechado é constante, na situação em que o ar é comprimido, observou-se que houve um decréscimo do número de concepções alternativas manifestadas (passou de 48.2% para 19.6%). De entre os alunos que ainda revelam concepções alternativas, 54.5% ainda persistem em afirmar que a quantidade de ar no interior do recipiente diminui.
8. Relativamente ao reconhecimento de que o ar tem peso, foi possível constatar que o número de concepções alternativas evidenciadas também decresceu (passou de 50.0% para 8.9%). Dos alunos que ainda parecem ter ideias alternativas em relação a este aspecto, muitos (60%) optam pela situação em que a balança fica em equilíbrio (com um balão vazio de um lado e um balão cheio de ar do outro lado).
9. Quanto ao reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão também foi possível observar que o número de concepções alternativas reveladas desceu, embora neste caso a descida fosse pouco acentuada (passou de 19.6% para 17.9%). Observe-se que em relação a esta variável o número de concepções alternativas evidenciadas

antes do ensino não era tão elevado como para as variáveis anteriores. De entre os alunos que parecem continuar com concepções alternativas na fase final, muitos (70%) referem que, na situação em que a água está na pipeta, é necessário destapá-la para o ar entrar antes da água sair.

10. No que concerne à selecção da ordem por que se apagam três velas em condições diferentes, observou-se que o número de concepções alternativas evidenciadas sofreu um decréscimo (passou de 39.3% para 7.1%).
11. No que diz respeito à concepção da expansão e movimento do ar quando é aquecido, observou-se que também houve uma diminuição do número de concepções alternativas reveladas (de 73.2% passou para 35.7%). Saliente-se que em relação a este aspecto, ainda persiste um número considerável de concepções alternativas (cerca de um terço dos alunos inquiridos), sendo 55% delas coincidentes com a opinião que o volume do balão de borracha aumenta porque o ar dentro da garrafa fica mais “apertado”.
12. Finalmente, quanto ao reconhecimento de que o ar exerce pressão sobre os objectos, verificou-se igualmente uma descida do número de concepções alternativas evidenciadas (de 58.9% para 44.6%), embora ainda haja um número significativo de alunos que persiste em não abandonar a sua concepção alternativa. Refira-se que 48% destes alunos explicam o fenómeno de fixação de uma ventosa à parede, dizendo que não há ar fora da ventosa e existe ar entre a ventosa e a parede.

Em resumo, é possível afirmar que, em geral, as concepções alternativas detectadas neste estudo através dos questionários, sofreram uma diminuição considerável do número verificado, comparando a fase pré-teste com a fase pós-teste. Todavia, essa diminuição foi menos acentuada em relação ao reconhecimento de que o ar ocupa espaço e exerce pressão na situação da pipeta (pois já havia poucas concepções alternativas no início) e em relação ao reconhecimento de que o ar exerce pressão na situação da ventosa fixa na parede (pois ainda permanecem muitas concepções alternativas no final). É interessante notar que as concepções alternativas sobre o conceito de pressão parecem representar dois níveis de compreensão diferentes: na situação da pipeta com água foram evidenciadas muito menos concepções alternativas do que na situação da ventosa que se fixa na parede.

Comparando as pontuações médias obtidas no questionário, antes e após o ensino verificou-se que houve uma evolução muito acentuada em ambos os grupos (passou de uma pontuação média de 4.964 para 8.714 no Grupo PA, e de 5.429 para 8.929, no Grupo PF). Verificou-se que as diferenças entre os resultados do pré e do pós-teste, no interior de cada grupo, são estatisticamente significativas.

Também se verificou que o “effect-size” (ES) foi superior nos rapazes, em relação às raparigas, quer no que respeita ao pós-teste, quer em relação às diferenças pré-pós. Os valores de ES obtidos para os rapazes são grandes (0.4 e 0.2 desvios-padrão, respectivamente). Caso se obtenham valores aproximados a estes em replicações do estudo, então podem constituir diferenças importantes (embora não estatisticamente significativas) entre PA e PF. Assim, parece que o tipo de questionamento PA (perguntas abertas) beneficia os rapazes, sem que prejudique as raparigas.

A análise dos resultados obtidos nas entrevistas, comparando o momento prévio com o momento posterior ao ensino, permite afirmar que:

1. No que diz respeito ao reconhecimento da presença de ar no interior de uma seringa não foi possível verificar qualquer abandono das concepções alternativas evidenciadas nos doze alunos entrevistados, pois na fase pré-teste havia já um grande número de alunos (10) que não evidenciavam possuir concepções alternativas neste domínio.
2. Quanto à representação do ar existente no interior da seringa, foi possível verificar que todos os alunos entrevistados abandonaram a concepção alternativa inicial (pois concebiam o ar como matéria contínua) e adoptaram uma concepção muito aproximada da que é aceite cientificamente (matéria formada por partículas).
3. Relativamente à explicação dada sobre o fenómeno de compressão do ar, verificou-se que houve uma relativa diminuição do número de concepções alternativas evidenciadas: alguns alunos não admitiam (na fase pré-teste) que, numa situação de compressibilidade, a quantidade de ar no interior do recipiente se mantém, ficando todavia o ar mais “apertado” (usando o seu próprio vocabulário). Na fase pós-teste, apenas um aluno dos doze que foram entrevistados persiste em afirmar que sai algum ar da seringa.
4. No que diz respeito à representação do ar na situação de compressão, também houve um abandono da concepção alternativa evidenciada pela esmagadora maioria dos alunos na fase pré-teste de que o ar é matéria contínua, passando todos os entrevistados a representá-lo por partículas na fase pós-teste. Também foi possível verificar que todos os alunos passaram a considerar que o ar ocupa um volume menor numa situação de compressão e que 10 dos entrevistados tiveram o cuidado de deixar um espaço menor entre partículas, comparativamente com a situação em que o ar não está comprimido.
5. Quanto ao reconhecimento de que entre as partículas de ar nada existe, verificou-se alguma diminuição do número de concepções alternativas reveladas (passou de 9

para 7 alunos), havendo ainda um número considerável de alunos que admitem que nesses espaços livres também existe ar.

6. No que concerne ao reconhecimento de que o ar tem peso, observou-se que houve um abandono total das concepções alternativas evidenciadas antes do ensino por alguns alunos; todos os entrevistados admitiram, na fase final, que, no momento em que se suspendem dois balões com diferentes quantidades de ar, nas extremidades de uma balança, esta irá pender sempre para o lado do balão que contém mais ar. Todos os alunos atribuem esse acontecimento ao facto do ar ter peso.
7. Relativamente às concepções evidenciadas acerca do movimento por expansão do ar quando aquecido, não se verificaram grandes diferenças entre a fase pré-teste e pós-teste: observou-se que o mesmo número de alunos (7) continua a afirmar que o ar, em contacto com algo que está quente, sobe; verificou-se também que alguns (3) persistem em dizer que o ar, em contacto com a água quente, transforma-se em vapor e os restantes dois alunos explicam o aumento de volume do ar aquecido com o aparecimento de mais ar no recipiente, o qual pode ser proveniente da água quente.
8. Quanto à explicação dada para o fenómeno de diminuição do volume do ar quando em contacto com uma superfície fria, verificou-se que todos os alunos passaram a afirmar que o ar que se havia expandido volta à sua posição inicial, o que não tinha sido manifestado por todos os alunos na fase pré-teste.
9. No que diz respeito à explicação para o fenómeno da água que permanece no interior de uma pipeta, quando esta fica tapada, observou-se que não há grandes diferenças entre a fase inicial e a fase final, uma vez que é muito semelhante o número de alunos que continuam a revelar concepções alternativas, designadamente: o ar que está na pipeta impede que a água saia (“prende-a”); ou até o ar do interior da pipeta “puxa” a água para cima.
10. Finalmente, no respeitante à explicação fornecida para a necessidade de destapar a pipeta para a água cair, verificou-se que quase todos os alunos abandonam as concepções alternativas evidenciadas na fase pré-teste, atribuindo a queda da água à acção do ar que entra e “empurra a água” (para usar um termo dos próprios alunos), pelo orifício superior da pipeta o qual vai ocupar o espaço deixado livre pela água. Apenas um dos entrevistados persiste em evidenciar uma concepção alternativa afirmando que ao retirar-se o dedo, o ar entra por baixo, o que vai permitir que se espalhe pela pipeta e obrigue a água a sair.

Assim, em relação às concepções evidenciadas com o auxílio das entrevistas, pode dizer-se que houve abandono das concepções alternativas reveladas antes do ensino, por muitos alunos, em relação ao reconhecimento da presença de ar, à estrutura

do ar (passando a considerá-lo matéria corpuscular), à quantidade de ar (constante) no interior de um recipiente fechado (admitindo que numa situação de compressão o ar se mantém, embora o volume diminua), ao reconhecimento de que o ar tem peso, à variação do volume do ar (na situação em que a temperatura diminui) e aos fenómenos relacionados com a queda de água do interior de uma pipeta.

Onde parecem persistir mais concepções alternativas, é em relação à existência de espaços vazios entre as partículas de ar, ao movimento que o ar sofre na situação em que a temperatura aumenta (admitindo alguns alunos que num sistema fechado, o ar do seu interior, ao ser aquecido pelo contacto com água muito quente, pode transformar-se em vapor). Ainda persistem concepções alternativas no que diz respeito ao fenómeno da água no interior de uma pipeta: muitos alunos atribuem-no à acção do ar que está dentro da pipeta, o qual tem a capacidade de “prender” ou de “puxar” a água para cima.

5.1.3. Comparação das concepções evidenciadas pelos dois grupos de alunos na fase final do estudo

Comparando os resultados obtidos no questionário nas fases pré-teste e pós-teste, verificou-se que cada um dos grupos de alunos (PA e PF) registou uma evolução positiva e estatisticamente significativa, como foi confirmado através do teste-t e da análise de variância. No entanto, não se encontraram diferenças significativas entre os dois grupos comparando os resultados obtidos no pós-teste. Também não se verificaram diferenças significativas entre os resultados obtidos por rapazes e por raparigas, embora se observasse uma evolução um pouco mais acentuada nos alunos do sexo masculino, em relação aos do sexo feminino. Os valores de “effect-size” obtidos para os rapazes foram elevados comparativamente com os das raparigas.

No que diz respeito aos resultados obtidos nas entrevistas, pode dizer-se que, na globalidade, se registou uma evolução relevante tanto nos alunos do Grupo PA, como nos alunos do Grupo PF. Porém, tal como aconteceu com os resultados dos questionários, não houve diferenças de destaque entre os dois grupos.

5.1.4. Identificação de factores potencialmente facilitadores da mudança conceptual em ambos os grupos

Interessa então encontrar uma explicação para a não existência de diferenças entre os dois grupos, tentando identificar que factores poderão ter contribuído para a mudança conceptual que existiu globalmente, em ambos os grupos, de uma forma quase paralela.

Na tentativa de identificar esses factores, recorreu-se aos resultados da observação das aulas dadas com cada um dos grupos. De acordo com Lakatos & Marconi (1988), a observação de aulas consiste numa técnica de recolha de dados que recorre aos sentidos para a percepção de determinados aspectos da realidade. Assim, utilizaram-se gravações áudio efectuadas em todas as aulas, nos momentos em que existiu uma maior interacção verbal entre professora e alunos. Essas gravações serviram para analisar o tipo de interacção verbal mantido em cada aula e também o tipo de perguntas formuladas pela professora, de acordo com dois níveis de classificação (perguntas Abertas ou Fechadas, segundo a terminologia de Blosser, 1991; e perguntas de História, Relações, Aplicação, Especulação ou Explicação, segundo a terminologia de Penick et al., 1996).

A análise do tipo de interacção verbal mantida entre professora e alunos teve em consideração vários aspectos, designadamente: a percentagem de intervenções dos alunos e da professora durante o segmento de aula gravado, o que se traduziu num índice IA/IP (razão entre o número de intervenções dos alunos e da professora); o número médio de intervenções por aluno e de acordo com o sexo; a percentagem de tempo usado pelos alunos e pela professora durante a parte de aula gravada, o que se reflectiu num índice TA/TP (razão entre o tempo gasto pelos alunos e o tempo gasto pela professora); e a percentagem de tempo em que houve silêncio.

Verificou-se que não existiram diferenças consideráveis entre os dois grupos no que diz respeito aos índices IA/IP e TA/TP e ao tempo de silêncio, pois os valores obtidos foram muito aproximados em ambos os grupos. Em relação ao índice IA/IP, pôde verificar-se ainda que, em média, nos registos de aula que foram analisados, os alunos tiveram um número de intervenções superior ao da professora, o que aconteceu em ambos os grupos. Quanto ao índice TA/TP, observou-se que, em média, o tempo usado pela professora foi superior ao dos alunos, em ambos os grupos, o que pode ser explicado pelo grande número de perguntas formuladas pela professora em todas as partes de aulas gravadas.

No que diz respeito ao número médio de intervenções por aluno, verificou-se que foi superior, em média, no Grupo PA em comparação com o Grupo PF. Em relação aos diferentes sexos, observou-se que, em ambos os grupos, o número médio de intervenções dos rapazes foi superior ao das raparigas, embora a diferença não tenha sido muito acentuada. De acordo com Roth (1996), os rapazes parecem sentir-se mais confortáveis e intervêm mais frequentemente perante um grande grupo de alunos, enquanto as raparigas, se pressentem que podem dar uma resposta diferente da correcta, preferem não responder.

A análise do tipo de perguntas foi efectuada por dois observadores exteriores, assim denominados por não estarem ao corrente do que especificamente se pretendia estudar neste projecto de investigação. Todavia, foi necessário implementar um pequeno plano de formação de observadores, dividido em várias sessões, para que a análise do tipo de perguntas formuladas pela professora fosse o mais isenta e rigorosa possível. Ao longo da formação os observadores foram sensibilizados para a audição das gravações, obtiveram informação sobre tipos de questionamento do professor, familiarizaram-se com a grelha de análise construída pela professora-investigadora para o efeito e tiveram oportunidade de confrontar e debater opiniões entre si, a fim de se chegar a um critério de classificação rigoroso. Esta fase do projecto de investigação foi de extrema importância, uma vez que a variável que se pretendia manipular era precisamente o tipo de perguntas da professora, preferencialmente abertas num dos grupos e mais fechadas no outro grupo de alunos (daí, a designação dos grupos PA e PF).

Efectuando uma análise ao tipo de perguntas formuladas pela professora, de acordo com o primeiro nível de classificação (abertas ou fechadas), ambos os observadores exteriores registaram, em todas as aulas, uma predominância de perguntas abertas no Grupo PA, em relação ao Grupo PF, tal como era pretendido. Essa superioridade foi verificada através da Razão PA/PF (razão entre perguntas abertas e perguntas fechadas), a qual teve sempre valores superiores no Grupo PA, de acordo com os registos dos dois observadores. Usando um valor médio para a Razão PA/PF, verificou-se que aquele valor no Grupo PA superou em mais do dobro o valor obtido para o Grupo PF.

Assim, pode dizer-se que, tal como era objectivo no início do estudo, houve de facto diferenças entre os grupos no que diz respeito às perguntas abertas e fechadas utilizadas. Todavia, ficou também evidenciado que existiram sempre perguntas dos dois tipos em todas as aulas e com cada um dos grupos, para além de que todos os outros aspectos da interacção verbal foram semelhantes.

Quanto ao segundo nível de classificação das perguntas formuladas pela professora (perguntas de História, de Relações, de Aplicação, de Especulação e de Explicação), foi possível verificar, através da análise efectuada pelos dois observadores, que, durante os segmentos de aulas gravadas, as perguntas de História e de Aplicação predominaram no Grupo PF, enquanto no Grupo PA foram formuladas mais perguntas de Relações, de Especulação e de Explicação. De acordo com Penick et al. (1996), estes dois últimos tipos de perguntas exigem do aluno processos de pensamento mais elaborados do que os restantes tipos, uma vez que ele tem que usar o seu conhecimento para extrapolar para novas situações e integrá-lo quando tenta dar uma explicação para um determinado fenómeno.

A fim de prosseguir na busca de factores que poderão ter contribuído para a idêntica mudança conceptual em ambos os grupos de alunos, procedeu-se também a uma análise mais pormenorizada das aulas implementadas ao longo do estudo. Analisando simultaneamente as planificações daquelas aulas e, mais uma vez, as gravações da interacção verbal, foi possível verificar que, por um lado, o ensino levado a cabo recorreu frequentemente ao trabalho experimental para introduzir conceitos relacionados com a estrutura e propriedades do ar, usando-se por vezes demonstrações, alguns acontecimentos discrepantes e outras vezes o trabalho prático realizado em grupo. Por outro lado, foi uma sequência de ensino que associou sempre a cada actividade prática o questionamento dos alunos (embora, como já foi referido, com características diferentes em relação ao tipo de perguntas), existindo em ambos os grupos questões que apelavam à experiência anterior dos mesmos. Além disso, houve vários trabalhos elaborados pelos alunos como actividade complementar das actividades práticas realizadas nas aulas, designadamente trabalhos envolvendo a representação escrita ou esquemática do conhecimento do aluno.

Em ambos os grupos, foram introduzidos vários aspectos da natureza da Ciência. Foram criadas oportunidades para os alunos desenvolverem skills e procedimentos científicos, tais como: identificar problemas, formular hipóteses, identificar variáveis, planear experiências, fazer observações, registar e organizar dados, explicar relações, desenvolver generalizações, comunicar resultados e conclusões, formular novas questões e fazer previsões. De acordo com Lunetta & Tamir (1979), Lunetta, Hofstein & Giddings (1981), Germann (1991) e muitos outros autores, o desenvolvimento de skills e procedimentos científicos, como os que foram acima referidos, tem uma enorme importância na compreensão da natureza da Ciência, enquanto processo de busca e pesquisa constante, sendo essencial para a construção do conhecimento. Além de todos estes aspectos, também existiram nas aulas realizadas várias situações de trabalho em equipa.

As estratégias de ensino acima enunciadas existiram tanto nas aulas desenvolvidas com o Grupo PA como com o Grupo PF, revelando características semelhantes (excepto no questionamento). As actividades práticas realizadas foram as mesmas, o tipo de trabalhos propostos foi exactamente igual, as aulas e as estratégias implementadas obedeceram à mesma sequência e a professora foi a mesma. Talvez o tipo de perguntas por si só, mantendo outros aspectos idênticos, não seja suficiente para diferenciar os desempenhos dos grupos, sendo os outros aspectos mais influentes que o tipo de perguntas na mudança conceptual dos alunos.

5.2. Conclusões

1. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os resultados do pré-teste e do pós-teste. O número de concepções alternativas sofreu uma diminuição significativa entre os dois momentos, quer no Grupo PA, quer no Grupo PF.

2. Partiu-se para este trabalho de investigação com a crença de que um tipo de ensino com uma estratégia de questionamento mais centrada em perguntas abertas, que estimulam o raciocínio dos alunos, proporcionam mais oportunidades para a formulação de hipóteses e para a especulação, promovem nos alunos a reflexão sobre as suas próprias ideias e que exigem um nível de pensamento divergente (Blosser, 1991), poderia conduzir mais eficazmente à mudança conceptual do que um tipo de ensino com uma menor insistência neste tipo de perguntas. No entanto, mostrou-se ao longo deste estudo que a estratégia de questionamento, por si só, não leva à mudança conceptual, pois um grupo de alunos onde não há uma grande utilização de perguntas abertas é igualmente capaz de abandonar concepções alternativas e adoptar, globalmente, as mesmas concepções correctas que um grupo onde há um grande recurso àquele tipo de perguntas.

3. Desta forma, parecem existir muitas outras variáveis no contexto da sala de aula que podem levar à compreensão de conceitos científicos que, anteriormente, não eram percebidos por grande parte dos alunos. De acordo com Fonseca (1992), o conhecimento não pode fluir simplesmente do professor para o aluno; tem de partir deste, com base no seu conhecimento anterior. Mas a compreensão de conceitos pelo aluno tem de ser devidamente suportada pela acção do professor, que modela os modos de pensar, interroga de forma estimulante e oportuna, e cria um clima de boa comunicação professor-aluno.

No presente estudo foi possível detectar nas acções do professor algumas características que, por si, tiveram provavelmente uma influência muito mais forte na compreensão de conceitos do que a estratégia de questionamento. Sugere-se como possíveis factores:

- O recurso ao trabalho prático experimental, que pôs o aluno em contacto directo com os fenómenos e sua interpretação;
- A utilização de acontecimentos discrepantes, que colocaram as ideias prévias dos alunos em confronto com factos reais,- levando o aluno a reflectir sobre o seu pensamento, o que provocou o conflito cognitivo e sua resolução;

- O uso da experiência anterior do aluno, que permitiu fazer a “ponte” entre os fenómenos observados na aula e os fenómenos da vida quotidiana e, assim, compreendê-los melhor;
- A instauração de um clima de sala de aula em que os alunos foram os principais intervenientes no diálogo, havendo oportunidades para se expressarem livremente, manifestando as suas ideias e concepções e podendo assim melhor explorá-las e modificá-las;
- A realização, por parte do aluno, de relatórios e esquemas que complementaram as actividades práticas da aula, o que proporcionou momentos de reflexão sobre o seu conhecimento e sobre os processos nele envolvidos;
- O uso do trabalho em equipa que permitiu a partilha de ideias e opiniões entre alunos, bem como o desenvolvimento de atitudes de cooperação e entreatajuda;
- Finalmente, a utilização de instrumentos de observação na fase inicial do estudo (questionário e entrevista), que foram essenciais na identificação de concepções alternativas dos alunos e que influenciaram determinantemente a escolha das actividades práticas a realizar ao longo de toda a sequência de ensino.

É possível ainda identificar um outro factor que, provavelmente, foi de grande importância para a obtenção dos resultados descritos: a professora foi a mesma nos dois grupos. Por um lado, seria importante para este estudo que o professor fosse o mesmo para poder garantir, na medida do possível, que o tipo de ensino implementado fosse semelhante, bem como o tipo de relação entre professor e alunos. Por outro lado, contudo, não é fácil conseguir que a estratégia de questionamento, que se pretende que tenha características diferentes nos dois grupos, o seja de facto. É bastante difícil para qualquer professor adoptar um determinado comportamento em relação às perguntas que formula com um grupo de alunos e, depois, ter um comportamento quase oposto com outro grupo de alunos, principalmente quando esse professor tem uma atitude natural de questionamento mais centrada num tipo de perguntas do que noutra. É uma técnica que exige um grande controlo, uma enorme concentração, uma grande capacidade de gestão da aula e muito treino. De acordo com Roth (1996), a estratégia de questionamento é uma prática muito complexa que não se consegue adquirir facilmente.

Todos estes factores (e talvez outros que não se exploraram neste estudo) parecem ter sido mais importantes na mudança conceptual verificada em grande parte dos alunos em relação à maioria dos conceitos abordados, do que o tipo de questionamento implementado. De notar que aqueles factores constituem especulação

sobre possíveis factores que possam ter facilitado a mudança conceptual. O presente estudo pretende ter somente um carácter descritivo e exploratório.

4. Uma vez que os alunos do estudo foram seleccionados por um processo que permite pressupor que provêm de uma mesma população, e uma vez que os resultados do pré-teste mostraram que os grupos eram idênticos no que respeita às variáveis relevantes para o estudo, as três conclusões acima podem generalizar-se a grupos com características semelhantes aos participantes neste estudo.

5.3. Considerações finais

Associada ao desenvolvimento de todo o trabalho de investigação esteve a perspectiva do professor-investigador. O que suscitou o aparecimento deste estudo foi a preocupação da professora em conhecer as concepções alternativas dos seus alunos (do 5º ano de escolaridade) sobre a estrutura e propriedades do ar, uma vez que este é um tópico que se aborda naquele grau de ensino e que, em anos anteriores, tem revelado da parte dos alunos muitas ideias diferentes das que são cientificamente aceites. A professora estava igualmente interessada em investigar em que medida o seu ensino poderá contribuir para a mudança conceptual, e ainda se o tipo de perguntas que formula nas suas aulas pode exercer influência no abandono das concepções alternativas.

Para isso, construiu instrumentos de observação com o objectivo de analisar as concepções dos seus alunos antes e após o ensino (questionário e entrevista), preparou e conduziu uma sequência de ensino que, do seu ponto de vista, estaria adequada ao abandono das concepções alternativas evidenciadas antes do ensino, procedeu à gravação das suas próprias aulas, organizou um conjunto de sessões de formação para dois observadores exteriores (a fim de garantir rigor e isenção na análise do tipo de perguntas), construiu um instrumento para análise do tipo de perguntas, analisou as suas próprias aulas (em relação às actividades realizadas, às características do ensino praticado e aos trabalhos que solicitou aos alunos), organizou e discutiu os resultados obtidos e tentou identificar factores que poderão ter provocado aqueles resultados. Neste processo, quer alunos quer a professora, se envolveram na construção do seu próprio conhecimento: a professora, no que respeita ao seu ensino; os alunos, na mudança conceptual sobre o tema focado.

O estudo insere-se numa perspectiva construtivista do ensino e aprendizagem de Ciências (Thomaz, 1990) - a ideia inicial da investigadora em relação à influência do tipo de perguntas na mudança conceptual foi modificada, passando a aceitar que há possivelmente muitas outras variáveis na sala de aula que podem ser até mais

determinantes do que aquela componente do ensino na mudança conceptual dos alunos. Perspectivou-se, tal como Novak & Musonda (1991) e Fonseca (1992) sugerem, o conhecimento como uma construção permanente de conceitos e de relações entre conceitos de modo que, ao ocorrer aprendizagem ocorre diferenciação progressiva entre uns e outros, e simultaneamente reconciliam-se significados novos e antigos, de forma integrativa, obedecendo a uma hierarquia coerente e válida.

Esta perspectiva construtivista deverá estar frequentemente presente nas acções dos professores de ciências, a fim de que se possam desenvolver programas que promovam a aprendizagem cognitiva e metacognitiva dos alunos. De acordo com Dana, Lunetta, Fonseca & Campbell (1998), à medida que o papel da educação em ciências passa a ser cada vez mais o de um “trabalho reflexivo”, e não uma mera realização de tarefas técnicas, os professores têm que se tornar capazes de fazer muito mais do que “dar a matéria”. Um ensino das ciências que conduza, efectivamente, à aprendizagem pela compreensão, exige que os professores conheçam as teorias de aprendizagem e da psicologia da criança e da adolescência, bem como as alternativas pedagógicas e de avaliação, e também que possuam um conhecimento científico conceptual e processual.

Numa época em que se pretende que os alunos aprendam a resolver autonomamente problemas da vida real, tornando-se cidadãos preocupados com o mundo que os rodeia e que reflectam sobre as suas acções e da humanidade, em geral, é necessário dar uma atenção especial à formação de professores, uma vez que eles são os principais agentes de mudança nos seus alunos. O professor deve assumir o duplo papel de docente e investigador, permitindo a aquisição de conhecimentos teóricos e metodológicos adequados para resolver os problemas que se propõe solucionar. O papel do professor como “construtor” do seu processo de ensino será garantido se, em vez de se limitar a reproduzir o programa de ensino vigente, conseguir criar o seu próprio modelo de ensino, evidenciando a concepção construtivista sobre o processo de ensino e aprendizagem. Não parece ser possível conseguir que o aluno construa o seu conhecimento científico se não houver uma actuação construtiva por parte do professor, desde a planificação até à avaliação do seu próprio ensino, envolvendo-se num processo de explicitação das suas ideias, confrontando-as com o que se passa na sala de aula, de maneira a poder modificar continuamente as suas bases teóricas e adequá-las ao contexto real.

Segundo Valente, Santos, Salema e Raíno (1992), o pensamento reflexivo dos alunos pode ser desenvolvido através da intervenção nas competências comunicacionais do professor no contexto da sala de aula. Há um conjunto de competências comunicacionais (onde é possível incluir o questionamento), nas quais o professor pode

ser treinado e que são determinantes para promover o desenvolvimento do pensamento reflexivo no aluno.

Na opinião de Thomaz (1990), a formação de professores de Ciências deve basear-se num modelo construtivista que promova nos formandos a tomada de consciência da sua própria perspectiva ou teoria sobre a natureza do processo de ensino e aprendizagem, bem como da perspectiva dos seus colegas. Além disso, esse modelo também deve levar à consciencialização, por parte de cada formando, das suas próprias ideias sobre a natureza dos conceitos científicos, bem como as dos seus colegas. Através da aplicação dessas compreensões é possível levar cada um a ver as suas implicações, os seus alcances e as suas limitações, o que, conseqüentemente, permite tornar cada indivíduo mais apto a provocar uma mudança efectiva.

Espera-se que este estudo contribua para a identificação de técnicas e estratégias do professor que possam facilitar a mudança conceptual no aluno. Talvez possa ser encarado como ponto de partida para futuros trabalhos de investigação que envolvam a formação de professores e o ensino das Ciências, nomeadamente para o planeamento de uma sequência de ensino sobre o tópico “estrutura e propriedades do ar” (ou outro) e sua aplicação na aula, com um terceiro momento de identificação de concepções dos alunos (talvez três meses após o ensino do tópico), para se confirmar se houve mudança efectiva e se as conclusões são de facto generalizáveis a outros grupos de alunos. Além disso, estudos futuros deveriam ser desenvolvidos com um maior número de sujeitos (talvez com quatro turmas) e com mais do que um professor, a fim de se poder chegar a resultados mais conclusivos no que respeita às diferenças entre grupos com tratamentos diversos.

Por último, esses estudos não deveriam apenas analisar o tipo de questionamento do professor, mas sim outros tipos de comportamentos deste e estratégias implementadas que parecem ser mais influentes na mudança conceptual dos alunos, designadamente: o trabalho experimental efectuado em grupos, a apresentação de acontecimentos discrepantes, a representação do conhecimento por escrito ou esquematicamente e até o próprio clima de sala de aula.

BIBLIOGRAFIA

- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72, 175-184.
- Adeniyi, E. O. (1985). Misconceptions of selected ecological concepts held by Nigerian students. *Journal of Biological Education*, 19, 311-316.
- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 63, 389-399.
- Alexander, P. A. & Judy, J. (1988). The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58, 375-404.
- Ameh, C. (1987). An analysis of teachers' and their students' views of the concept "gravity". *Research in Science Education*, 17, 212-219.
- Ameh, C. & Gunstone, R. (1985). Teachers' concepts in science. *Research in Science Education*, 15, 151-157.
- Anderson, C.; Sheldon, T. & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 761-776.
- Anderson, C. & Smith, E. (1983). *Children's conceptions of light and color: Understanding the concept of unseen rays*. East Lansing: Michigan State University.
- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 2, 155-171.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations. *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Andersson, B. & Karqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5, 387-402.
- Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69, 721-733.
- Arnaudin, M. & Mintzes, J. J. (1986). The cardiovascular system: Children's conceptions and misconceptions. *Science and Children*, 23, 48-51.
- Ault, C. R.; Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). Constructing Vee maps for clinical interviews on molecule concepts. *Science Education*, 68, 441-462.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Balacheff, N. (1987). *Towards a "problematique" for research on mathematics teaching*. Major address of the research pre-session of the 65th annual meeting of the National Council of Teachers of Mathematics, Anaheim, CA.
- Bar, V. & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 363-382.
- Barker, M. & Carr, M. (1989a) Teaching and learning about photosynthesis. Part I: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 49-56.
- Barker, M. & Carr, M. (1989b) Teaching and learning about photosynthesis. Part II: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11, 141-152.
- Barras, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, 11, 141-152.
- Basili, P. & Sanford, J. (1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 293-304.
- Bauman, R. & Adams, S. (1990). Misunderstandings of electric current. *Physics Teacher*, 28, 334.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.
- Bell, B. (1981a). What is a plant?: Some children's ideas. *New Zealand Science Teacher*, 31, 10-14.
- Bell, B. (1981b). When is an animal not an animal?. *Journal of Biological Education*, 15, 213-218.
- Bell, B. & Barker, M. (1982). Towards a scientific concept of "animal". *Journal of Biological Education*, 16(3), 197-200.
- Bell, B. & Freyberg, P. (1994). Language in the science classroom. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in science. The implications of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.
- Benson, D. L.; Wittrock, M. C. & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.
- Bishop, B. & Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415-428.

- Black, D. & Solomon, J. (1987). Can pupils use taught analogies for electric current?. *School Science Review*, 68, 249-254.
- Bliss, J. & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. *European Journal of Science Education*, 7, 195-203.
- Bliss, J.; Ogborn, J. & Whitlock, D. (1989). Secondary school pupils commonsense theories of motion. *International Journal of Science Education*, 11, 261-272.
- Bloom, J. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, 11, 401-415.
- Bloom, J. & Borstad, J. (1990). Comments on "The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?". *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 399-403.
- Blosser, P. E. (1991). *How to ask the right questions*. Washington: N.S.T.A..
- Boujaoude, S. (1995). Demonstrating the nature of science - Three experiments that help students comprehend scientific principles. *The Science Teacher*, Apr: 46-49.
- Bridgman, P. W. (1927). *The logic of modern physics*. New York: Macmillan.
- Brook, A. (1987). Designing experiences to take account of the development of children's ideas: Na example from the teaching and learning of energy. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 49-64). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Brousseau, G. (1986). *Basic theory and methods in the didactics of mathematics*. Proceedings of the second Conference on Systematic Cooperation Between Theory and Practice in Mathematics Education, Enschede, The Netherlands.
- Brownell, W. A. (1945). When is arithmetic meaningful? *Journal of Educational Research*, 38, 481-498.
- Browning, M. & Lehman, J. (1988). Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 747-761.
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13, 119-122.
- Brumby, M. (1982). Students' conceptions of the life concept. *Science Education*, 66, 613-622.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493-503.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Cachapuz, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In D. Carvalho (Ed.), *Novas Metodologias em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Cachapuz, A. & Martins, I. (1987). High school students' ideas about energy of chemical reactions. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. III, pp. 60-68). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Cachapuz, A. & Maskill, R. (1987). Detecting changes with the learning in the organization of knowledge: Use of word association tests to follow the learning of collision theory. *International Journal of Science Education*, 9, 491-504.
- Canário, R. (1991). *Produção de conhecimento e práticas de formação*. Comunicação apresentada ao 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores, Universidade de Aveiro.
- Caramazza, A.; McCloskey, M. & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210, 1139-1141.
- Caramazza, A.; McCloskey, M. & Green, B. (1981). Naive beliefs in "sophisticated" subjects: Misconceptions about the trajectories of objects. *Cognition*, 9, 117-123.
- Carey, S. (1987). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130.
- Carr, M.; Kirkwood, V.; Newman, B. & Birdwhistel, R. (1987). Energy in three New Zealand secondary school junior science classrooms. *Research in Science Education*, 17, 117-128.
- Champagne, A.; Gunstone, R. & Klopfer, L. (1983). Naive knowledge and science learning. *Research in Science and Technological Education*, 1, 173-183.
- Champagne, A.; Gunstone, R. & Klopfer, L. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 163-187). New York: Academic Press.
- Champagne, A.; Klopfer, L. & Anderson, L. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.
- Chi, M.; Feltovich, P. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Claxton, G. (1987). *Minitheories: A modular approach to learning applied to science*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.

- Clement, J. (1981). Analogy generation in scientific problem solving. *Proceedings of the Third Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 3). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Clement, J. (1983). Students' alternative conceptions in mechanics: A coherent system of preconceptions. In H. Helm & J. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: The role of anchoring intuitions and analogical validity. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. III, pp. 84-97). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Clement, J.; Brown, D. & Zeitsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding "anchoring" conceptions for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
- Clements, M. A. (1980). Analyzing children's errors on written mathematical tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 1-21.
- Cobb, P. & Steffe, L. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal of Research in Mathematics*, 14 (2), 83-94.
- Cohen, L. & Manion, L. (1994). *Research methods in education*. London: Routledge.
- Cohen, R.; Eylon, B. & Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51, 407-412.
- Confrey, J. (1980). *Conceptual change, number concepts and the introduction to calculus*. Unpublished doctoral dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.
- Confrey, J. (1985). Towards a framework for constructivist instruction. In *Proceedings of the Ninth International Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 477-483). Noordwijkerhout, The Netherlands: Leen Streefland, State University of Utrecht.
- Confrey, J. (1990). A review of the research on student conceptions in mathematics, science and programming. In: C. B. Cazden (Ed.), *Review of Research in Education*, Washington: American Educational Research Association.
- Cristo, C. A. & Galhardo, L. (1996). *Terra há só uma*. Lisboa: Replicação.

- Cros, D.; Chastrette, M. & Fayol, M. (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10, 331-336.
- Dana, T. M.; Lunetta, V. N.; Fonseca, J. B. & Campbell, L. M. (1998). A formação de professores de ciências e a reforma: perspectiva internacional e a realidade portuguesa. *Revista de Educação*, VII, nº 2.
- Davis, R. (1980). The postulation of certain specific, explicit, commonly-shared frames. *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 3 (1), 167-200.
- Deadman, J. & Kelly, P. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics?. *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- de Berg, K. C. (1992). Students' thinking in relation to pressure-volume changes of a fixed amount of air: the semi-quantitative context. *International Journal of Science Education*, 14(3), 295-303.
- Dekkers, P. & Thijs, G. (1993). *Effectiveness of practical work in the remediation of alternative conceptions in mechanics with students in Botswana*. Third Misconceptions Conference, Cornell University, Ithaca, NY.
- diSessa, A. (1982). Unlearning Aristotelian physics: A study of knowledge based learning. *Cognitive Science*, 6, 37-75.
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: Curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10, 221-229.
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: A taxonomy of disfunctional ideas about na abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23, 49-55.
- Driver, R. (1981). Pupil's alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3, 93-101.
- Driver, R. (1987). Promoting conceptual change in classroom settings: The experience of Children's Learning in Science Project. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 97-107). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Driver, R. (1995). Constructivist approaches to science teaching. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 385-400.

- Driver, R. & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of the literature related to the concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R.; Guesne, E. & Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. London: Milton Keynes.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duarte, M. C. M. (1993). *Mudança conceptual e ensino das ciências da natureza - Uma proposta de intervenção pedagógica no 2º ciclo do ensino básico*. Tese de Doutoramento em Educação, Universidade do Minho, Instituto de Educação.
- Duckworth, E. (1987). *"The having of wonderful ideas" and other essays on teaching and learning*. New York: Columbia University, Teachers College.
- Duit, R. (1981). Understanding energy as a conserved quantity - remarks on the article by R. U. Sexl. *European Journal of Science Education*, 3, 291-301.
- Duit, R. (1985). The meaning of current and voltage in everyday language and its consequences for understanding the physical concepts of the electric circuit. In R. Duit, W. Jung & C. von Rhoneck (Eds.), *Aspects of understanding electricity*. Kiel, Ger: Schmidt & Klaunig.
- Duit, R. & Treagust, D. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching. In B. J. Fraser & H. J. Walberg (Eds.), *Improving Science Education* (pp. 46-69). Chicago: National Society for the Study of Education.
- Dupin, J. & Johsua, S. (1989). Analogies and "modeling analogies" in teaching: Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73, 207-224.
- Easley, J. A. (1977). *On clinical studies in mathematics education*. Columbus, OH: Ohio State University, Information Reference Center for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Eaton, A.; Anderson, C. & Smith, E. (1983). When students don't know they don't know. *Science and Children*, 20, 7-9.
- Eaton, A.; Anderson, C. & Smith, E. (1984). Students' misconceptions interfere with science learning: Case studies of fifth grade students. *Elementary School Journal*, 84, 365-379.

- Eisen, Y. & Stavy, R. (1988). Students' understanding of photosynthesis. *American Biology Teacher*, 50, 208-212.
- Eisen, Y. & Stavy, R. (1989). Development of a new science study unit following research on students' ideas about photosynthesis: A case study. In P. Adey (Ed.), *Adolescent development and school science* (pp. 295-302). London: Falmer.
- Engel-Clough, E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70, 473-496.
- Engel-Clough, E.; Driver, R. & Wood-Robinson, C. (1987). How do children's scientific ideas change over time?. *School Science Review*, 69, 255-267.
- Engel-Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19, 304-310.
- Enochs, L. & Gabel, D. (1984). Preservice elementary teachers' conceptions of volume. *School Science and Mathematics*, 84, 670-680.
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221-230.
- Erickson, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64, 323-336.
- Erickson, G. & Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52-84). London: Milton Keynes.
- Feher, E. (1990). Interactive museum exhibits as tools for learning: Explorations with light. *International Journal of Science Education*, 12, 35-49.
- Feher, E. & Rice, K. (1987). A comparison of teacher-student conceptions in optics. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 108-117). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Feher, E. & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: Children's conceptions of light and vision II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
- Finegold, M. & Pundak, D. (1990). Students' conceptual frameworks in astronomy. *Australian Science Teachers Journal*, 36, 76-83.
- Fisher, K. (1983). Amino acids and translation: A misconception in biology. In H. Helm & J. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 407-419). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Fisher, K. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 53-62.

- Fisher, K. M. & Lipson, J. I. (1983). Ten rules of thumb: Information processing interpretations of error research in learning. In H. Helm & J. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 150-152). Ithaca, NY: Cornell University.
- Fisher, K. & Lipson, J. (1986). Twenty questions about student errors. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 783-803.
- Fix, W. T. & Renner, J. W. (1979). Chemistry and experiments in the secondary school. *Journal of Chemical Education*, 56, 737-740.
- Fonseca, J. (1992). Formação de professores para a aprendizagem cognitiva dos alunos. *Inovação*, Vol. 5, nº 2/3, 81-92.
- Fredette, N. & Clement, J. (1981). Student misconceptions of na electric current: What do they mean?. *Journal of College Science Teaching*, 10, 280-285.
- Fredette, N. & Lochhead, J. (1980). Student conceptions of simple circuits. *Physics Teacher*, 18, 194-198.
- Furio Mas, C.; Hernandez-Perez, J. & Harris, H. (1987). Parallels between adolescents' conception of gases and the history of science. *Journal of Chemical Education*, 64, 616-618.
- Gabel, D.; Samuel, K. & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64, 695-697.
- Gallert, E. (1962). Children's conceptions of the content and structure of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65 293-405.
- Garner, R. & Alexander, P. (1989). Metacognition: Answered and unanswered questions. *Educational Psychologist*, 24, 143-158.
- Garnett, D.; Garnett, P. & Treagust, D. (1990). Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education*, 12, 147-156.
- Gentner, D. (1980). *The structure of analogical models in science* (BBN Rep. Nº 4451). Washington, DC: Office of Naval Research.
- Germann, P. (1991). Developing science process skills through directed inquiry. *The American Biology Teacher*, 53 (4), 243-247.
- Germann, P. & Aram, R. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), 773-798.
- Germann, P.; Aram, R. & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), 79-99.
- Ghiglione, R. & Matalon, B. (1992). *O Inquérito. Teoria e prática*. Oeiras: Celta.

- Gilbert, J.; Osborne, R. & Fensham, P. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66, 623-633.
- Gilbert, J. & Swift, D. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69, 681-696.
- Gilbert, J. K. & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gil-Perez, D. & Carrascosa, A. (1987). What to do for science misconceptions. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 149-157). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Ginsburg, H. (1976). Children's mathematics project: Na overview of the Cornell component. *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 1 (Sup. 1), 7-31.
- Glass, G.; McGaw, B. & Smith, M. (1981). *Meta-analysis in social research*. Beverly Hills: Sage.
- Glynn, S. (1997). Drawing mental models. *The Science Teacher*, 64 (1), 30-32.
- Glynn, S.; Yeany, R. & Britton, B. (Eds.). (1991). *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum.
- Goldberg, F. & McDermott, L. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *Physics Teacher*, 24, 472-480.
- Good, R. (1991). Editorial. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(5), 387.
- Gorodetsky, M. & Gussarsky, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European Journal of Science Education*, 8, 427-441.
- Gowin, D. B. (1983). Misconceptions, metaphors, and conceptual change: Once more with feeling. In H. Helm & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 39-41). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Gowin, D. B. (1987). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 10-32). London: Milton Keynes.
- Guidoni, P. (1985). On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 2, 133-140.
- Gunstone, R. (1989). A comment on "the problem of terminology in the study of student conceptions in science". *Science Education*, 73, 643-646.
- Gunstone, R. & White, R. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.

- Gussarsky, E. & Gorodetsky, M. (1990). On the concept "chemical equilibrium": The associative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 197-204.
- Hackling, M. & Garnett, D. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- Hallden, O. (1988). The evolution of the species: Pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 18, 53-63.
- Harlen, W. (1985). *Primary science: Taking the plunge*. London, UK: Heineman.
- Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of students' conception science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 121-134.
- Hawkins, D. (1974). *The informed vision: Essays on learning and human nature*. New York: Agathon Press.
- Hawkins, D. (1978). Critical barriers to science learning. *Outlook*, 29, 3-23.
- Heinze-Fry, J. & Novak, J. D. (1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education*, 74(4), 461-472.
- Heller, P. (1987). Use of core propositions in solving current electric problems. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. III, nt of Education, Cornell University).
- Hewson (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.
- Hewson (1985). The role of intellectual environment in the origin of conceptions: Na exploratory study. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando, FL: Academic Press.
- Hewson, M. & Hamlyn, D. (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, 6, 245-262.
- Hewson, M. & Hewson, P. (1983). Effect of instruction using student prior knowledge and conceptual change strategies in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Hibbard, K. M. & Novak, J. D. (1975). Audio-tutorial elementary school science instruction as a method for study of children's concept learning: Particulate nature of matter. *Science Education*, 59, 559-570.
- Hunting, R. (1986). Rachel's schemes for constructing fraction knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 17(1), 49-66.
- Jesuino, J. C. (1986). O método experimental nas ciências sociais. In A. S. Silva & J. M. Pinto (Eds.), *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.
- Johansson, B.; Marton, F. & Svensson, L. (1985). An approach to describing learning as change between qualitatively different conceptions. In L. West & A. Pines (Eds.),

- Cognitive structure and conceptual change* (pp. 233-258). New York: Academic Press.
- Johnstone, A.; McDonald, J. & Webb, G. (1977). Misconception in school thermodynamics. *Physics Education*, 12, 248-251.
- Johsua, S. (1984). Students' interpretation of simple electrical diagrams. *European Journal of Science Education*, 6(3), 271-275.
- Johsua, S. & Dupin, J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction*, 4, 117-135.
- Jones, B.; Lynch, P. & Reesink, C. (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon. *International Journal of Science Education*, 9, 43-53.
- Jung, W. (1987). Understanding students' understanding: The case of elementary optics. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. III, pp. 268-277). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Jungwirth, E. (1971). A comparison of the acquisition of taxonomic concepts by BSCS and non-BSCS pupils. *Australian Science Teachers Journal*, 17(4), 80-82.
- Jungwirth, E. (1975). Preconceived adaptation and inverted evolution (a case study of distorted concept formation in high school biology). *Australian Science Teachers Journal*, 21, 95-100.
- Jungwirth, E. (1988). The associative field as a diagnostic instrument assessing the breadth of multicontextual concepts: The concept "development". *International Journal of Science Education*, 10, 571-579.
- Kamii, C. K. (1985). *Young children reinvent arithmetic: Implications of Piaget's theory*. New York: Columbia University, Teachers College Press.
- Kargbo, D.; Hobbs, E. & Erickson, G. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137-146.
- Karmiloff-Smith, A. & Inhelder, B. (1975). If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3(3), 195-212.
- Kenealy, P. (1987). A syntactic source of a common "misconception" about acceleration. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. III). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Kinnear, P. R. & Gray, C. D. (1994). *SPSS for Windows made simple*. U.K.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Klein, C. (1982). Children's concepts of the earth and the sun: A cross-cultural study. *Science Education*, 65, 95-107.

- Kreitler, H. & Kreitler, S. (1966). Children's concepts of sexuality and birth. *Child Development*, 37, 363-378.
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25, 86-91.
- Kuhn, C. & Aguirre, J. (1987). A case study of the "journal method", a method designed to enable the implementation of constructivist teaching in the classroom. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 262-274). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press.
- Lakatos, I. (1976). *Proof and refutations: The logic of mathematical discovery*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (1988). *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas, S.A..
- Lakatos, I. & Musgrave, A. (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lawrenz, F. (1986). Misconceptions of physical science concepts among elementary school teachers. *School Science and Mathematics*, 86, 654-660.
- Lawson, A. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 185-199.
- Lazarowitz, R. (1981). Correlations of junior high school students' age, gender and intelligence with ability to construct classification in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 15-22.
- Levin, J. (1987). *Estatística aplicada a ciências humanas*. Brasil: Harbra.
- Liem, T. L. (1992). *Invitations to science inquiry*. Chino Hills, California: Science Inquiry Enterprises.
- Lin, H. (1983). A "cultural" look at physics students and physics classrooms - na example of anthropological work in science education. In H. Helm & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Department of Education, Cornell Education.
- Lunetta, V. (1990). Cooperative learning in science, mathematics, and computer problem-solving. In M. Gardner, J. Greeno, F. Reif, A. Schoenfeld, A. diSessa &

- E. Stage (Eds.), *Toward a scientific practice of science education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 235-249.
- Lunetta, V. (1995). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education*, New York: Macmillan.
- Lunetta, V.; Hofstein, A. & Giddings, G. (1981). Evaluating science laboratory skills. *The Science Teacher*, Jan., 22-25.
- Lunetta, V. & Tamir, P. (1979). Matching lab activities with teaching goals. *The Science Teacher*, May, 22-24.
- Lybeck, L. (1985). *Research into science and mathematics education at Goteborg*. Paper presented at the Nordic Conference on Science and Technology Education: The Challenge of the Future (pp. 125-162). Copenhagen: Royal Danish School of Educational Studies, Nordic Center of INCE and UNESCO.
- Lybeck, L.; Stromdahl, H. & Tullberg, A. (1985). *Students' conceptions of amount of substance and its SI unit/mol - A subject didactic study*. Paper presented at the Nordic Conference on Science and Technology Education: The Challenge of the Future (pp. 125-162). Copenhagen: Royal Danish School of Educational Studies, Nordic Center of INCE and UNESCO.
- Lythcott, J. (1985). "Aristotelian" was given as the answer, but what was the question?. *American Journal of Physics*, 53, 428-432.
- Lythcott, J. & Duschl, R. (1990). Qualitative research: From methods to conclusions. *Science Education*, 74, 445-460.
- Mali, G. & Howe, A. (1979). Development of earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63, 685-691.
- Marton, F. (1978). *Describing conceptions of the world around us*. Goteborg: University of Goteborg, Institute of Education.
- Mayer, M. (1987). Common sense knowledge vs. scientific knowledge: The case of pressure, weight and gravity. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. I, pp. 299-310). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- McClelland, J. (1984). Alternative frameworks: Interpretation of evidence. *European Journal of Science Education*, 6, 1-6.
- McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McDermott, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37, 24-32.

- Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 1, 587-596.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object. *Physics Teacher*, 20, 10-14.
- Mintzes, J. J. (1984). Naive theories in biology: Children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84, 548-555.
- Mintzes, J. J. (1989). The acquisition of biological knowledge during childhood: Na alternative conception. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 823-824.
- Mintzes, J. J.; Trowbridge, J. E.; Arnaudin, M. & Wandersee, J. H. (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S. Glynn, R. Yeany & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 179-202). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mohapatra, J. (1988). Induced incorrect generalizations leading to misconceptions - an exploratory investigation about the laws of reflection of light. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 777-784.
- Mohapatra, J. & Bhattacharyya, S. (1989). Pupils [sic] teachers [sic], induced incorrect generalization and the concept of "force". *International Journal of Science Education*, 11, 429-436.
- Moore, J. & Kendall, D. (1971). Children's concepts of reproduction. *Journal of Sex Research*, 7, 42-61.
- Nachmias, R.; Stavy, R. & Avrams, R. (1990). A microcomputer-based diagnostic system for identifying students' conceptions of heat and temperature. *International Journal of Science Education*, 12, 123-132.
- Nesher, P. (1987). Towards na instructional theory: The role of students' misconceptions. *For the Learning of Mathematics*, 7(3), 33-40.
- Newman, M. (1977). An analysis of sixth-grade pupils' errors on written mathematical tasks. In M. Clemes & J. Foyster (Eds.), *Research in Mathematics Education in Australia* (vol 1, pp. 239-258).
- Norman, D. & Rumelhart, D. (1975). *Explorations in cognition*. San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Novak, J. D. (1985). Metalearning and metaknowledge strategies to help students learn how to learn. In L. West & A. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 189-207). New York: Academic Press.

- Novak, J. D. (1987). Human constructivism: Toward a unity of psychological and epistemological meaning making. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. I, pp. 349-360). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J. & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28, 117-153.
- Novak, J. D. & Wandersee, J. H. (Eds.). (1990). Perspectives on concept mapping [Special issue]. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 922-1079.
- Novick, S. & Menis, J. (1976). A study of student perceptions of the mole concept. *Journal of Chemical Education*, 53, 720-722.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupil's understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65, 187-196.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conception of the earth as a cosmic body: A cross-age study. *Science Education*, 63, 83-93.
- Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 124-144). London: Milton Keynes.
- Nussbaum, J. & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 535-550.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Nussbaum, J. & Sharodini-Dagan, N. (1983). Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, 67, 99-114.
- Ogborn, J. (1985). Understanding students' understandings: An example from dynamics. *European Journal of Science Education*, 7(2), 141-150.
- Ogunniyi, M. B. & Pella, M. O. (1980). Conceptualizations of scientific concepts, laws and theories held by Kwara State, Nigeria secondary school science teachers. *Science Education*, 64, 591-599.

- Osborne, R. (1981). Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 29, 12-19.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Teaching and Technological Education*, 1, 73-82.
- Osborne, R. (1984). Children's dynamics. *Physics Teacher*, 7, 504-508.
- Osborne, R. J.; Bell, B. & Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5, 1-14.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1994). *Learning in science: the implications of children's science*. Auckland: Heinemann Press.
- Osborne, R. J. & Gilbert, J. K. (1980). A method for investigating concept understanding in science. *European Journal of Science Education*, 2, 311-321.
- Osborne, R. & Wittrock, M. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67, 489-508.
- Osborne, R. & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Penick, J. E. (1976). Creativity of fifth grade science students: The effect of two patterns of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 307-314.
- Penick, J. E.; Crow, L. W. & Bonnstetter, R. J. (1996). Questions are the answer. A logical questioning strategy for any topic. *The Science Teacher*, 63(1), 27-29.
- Perkins, D. N. & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math, and programming. *Review of Educational Research*, 58(3), 303-326.
- Peters, P. (1982). Even honor students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics*, 50, 501-508.
- Peterson, R. & Treagust, D. (1989). Grade 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66, 459-460.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1985). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Ger: University of Kiel Institute for Science Education (Institut für die Padagogik der Naturwissen-schaften).
- Pfundt, H. & Duit, R. (1988). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Ger: University of Kiel Institute for Science Education (Institut für die Padagogik der Naturwissen-schaften).
- Pfundt, H. & Duit, R. (1991). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Ger: University of Kiel Institute for Science Education (Institut für die Padagogik der Naturwissen-schaften).
- Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*. New York: Harcourt Brace.
- Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: Columbia University Press.

- Piaget, J. (1973). *The child and reality: Problems of genetic psychology*. New York: Grossman.
- Pines, A. L. (1985). Towards a taxonomy of conceptual relations. In L. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 101-116). New York: Academic Press.
- Pines, A.; Novak, J. D.; Posner, G. & Van Kirk, J. (1978). *The clinical interview: A method for evaluating cognitive structure* (Research Report N° 6). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Pope, M. (1985). *Constructivist goggles: Implications for process in teaching and learning*. Paper presented at the British Educational Research Association Conference, Sheffield, England.
- Pope, M. & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67, 193-203.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. London, England: Hutchinson.
- Popper, K. (1962). *Conjectures and refutations*. London, England: Routledge and Kegan Paul.
- Porter, C. (1974). Grade school children's perceptions of their internal body parts. *Nursing Research*, 23, 384-391.
- Posner, G.; Strike, K.; Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Raths, L. E.; Wasserman, S.; Jonas, A. & Rothstein, A. (1986). *Teaching for thinking*. NY: Teachers College Press.
- Renstrom, L.; Andersson, B. & Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82, 555-569.
- Resnick, L. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. *Science*, 220, 477-478.
- Rice, K. & Feher, E. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 71, 629-639.
- Rollnick, M. & Rutherford, M. (1990). African primary school teachers - what ideas do they hold on air and air pressure?. *International Journal of Science Education*, 12, 101-113.
- Quin, Z.; Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 65(2), 129-143.
- Radatz, H. (1979). Error analysis in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10(3), 163-172.

- Roth, K. J. (1989). *Conceptual understanding and higher level thinking in the elementary science curriculum: three perspectives*. East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- Roth, W.-M. (1996). Teacher questioning in an open-inquiry learning environment: interactions of context, content, and student responses. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 709-736.
- Roth, K.; Smith, E. & Anderson, C. (1983). *Students' conceptions of photosynthesis and food for plants*. East Lansing: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- Rowell, J. & Dawson, C. (1979). Cognitive conflict: Its nature and use in the teaching of science. *Research in Science Education*, 9, 169-175.
- Ryman, D. (1974). Children's understanding of classification of living organisms. *Journal of Biological Education*, 8, 140-144.
- Salema, M. H. (1993). Ensinar e aprender a aprender: uma perspectiva transcurricular; um percurso de investigação-intervenção na área dos apoios e complementos educativos. *Noesis*, 27, 20-22.
- Santos, M. E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schmidt, H. (1987). Secondary school students' learning difficulties in stoichiometry. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. I, pp. 396-404). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Schneider, A. E.; Muller, E. W.; Doran, R. L. & Jacobson, W. J. (1990). *The Second International Science Study. Items and results: population 1 - grade 5*. NY: Teachers College, Columbia University.
- Scott, P. (1987). The process of conceptual change in science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 404-419). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Séré, M.-G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
- Shapiro, B. (1989). What children bring to light: Giving high status to learner's views and actions in science. *Science Education*, 73, 711-733.
- Shayer, M. & Wylam, H. (1981). The development of the concepts of heat and temperature in 10-13-years-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 419-434.

- Shipstone, D. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6, 185-198.
- Sinclair, H. (1987). Constructivism and the psychology of mathematics. In *Proceedings of the 11th International Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 28-41). Montreal, Canada.
- Smith, D. C. (1987). Primary teachers' misconceptions about light and shadows. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 461-476). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Smith, E. L. & Lott, G. W. (1983). *Ways of going wrong in teaching for conceptual change: Report on the Conceptual Change Project*. East Lansing, MI: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.
- Sneider, C. & Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: Understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67, 205-221.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, J.; Black, P.; Oldham, V. & Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *European Journal of Science Education*, 7, 281-294.
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10, 553-560.
- Stavy, R. (1989). Students' conceptions of matter. In P. Adey (Ed.), *Adolescent development and school science* (pp. 273-282). London: Falmer.
- Stavy, R. (1990). Children's conceptions of changes in the state of matter: From liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 247-266.
- Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 305-313.
- Stavy, R.; Eisen, Y. & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9, 105-115.
- Stavy, R. & Wax, N. (1989). Children's conceptions of plants as living things. *Human Development*, 32, 635-647.
- Stead, B. & Osborne, R. (1980). Exploring students' concepts of light. *Australian Science Teachers Journal*, 26, 84-90.
- Steffe, L. P. (1988). Children's construction of number sequences and multiplying schemes. In M. Behr & J. Hiebert (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades* (Research Agenda for Mathematics Education, pp. 119-141). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- Steffe, L. & Cobb, P. (1983). Early multiplication and division. In J. Bergeron; N. Herscovics & C. Kieran (Eds.), *Proceedings of the annual meeting of the Psychology of Mathematics Education - North American Chapter* (vol. 1, pp. 284-291). Montreal, Canada.
- Stenhouse, D. (1986). Conceptual change in science education: Paradigms and language-games. *Science Education*, 70, 413-425.
- Stepans, J. (1985). Biology in elementary schools: Children's conceptions of life. *American Biology Teacher*, 47, 222-225.
- Stewart, J.; Hafner, B. & Dale, M. (1990). Students' alternative views of meiosis. *American Biology Teacher*, 52, 228-232.
- Strike, K. & Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-232). New York: Academic Press.
- Sutton, C. (1980). Science, language and meaning. *School Science Review*, 62, 47-56.
- Tamir, P. (1989). Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of Biological Education*, 23, 285-292.
- Tamir, P.; Gal-Choppin, R. & Nussinovitz, R. (1981). How do intermediate and junior high school students conceptualize living and non-living?. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 241-248.
- Taylor, R. (1963). *A short history of science and scientific thought*. New York: Norton.
- Tema, B. (1989). Rural and urban African pupils' alternative conceptions of "animal". *Journal of Biological Education*, 23, 199-207.
- Thomaz, M. F. (1990). Um modelo construtivista para formação de professores. In J. Tavares & A. Moreira (Eds.), *Desenvolvimento, Aprendizagem, Currículo e Supervisão*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding: The collective use and evolution of concepts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Treagust, D. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Triplett, G. (1973). Research on heat and temperature in cognitive development. *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 1, 27-43.
- Trowbridge, J. E. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of animals and animal classification. *School Science and Mathematics*, 85, 304-316.
- Trowbridge, J. E. & Mintzes, J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 547-571.

- Valente, M. O. (1989). Projecto Dianóia: uma aposta no sucesso escolar pelo reforço do pensar sobre o pensar. *Revista de Educação*, I (3), 41-45.
- Valente, M. O.; Salema, M. H.; Morais, M. M. & Cruz, M. N. (1989). A metacognição. *Revista de Educação*, I(3), 47-51.
- Valente, M. O.; Santos, M. E.; Salema, M. H. & Rainho, M. A. (1992). Competências comunicacionais do professor e o pensamento reflexivo dos alunos. *Revista de Educação*, II(2), 65-71.
- VanLehn, K. (1982). Bugs are not enough: Empirical study of bugs, impasses and repairs in procedural skills. *Journal of Mathematical Behavior*, 3(2), 3-71.
- VanLehn, K. (1983). On the representation of procedures in repair theory. In H. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 201-253). New York: Academic Press.
- Veiga, M.; Costa Pereira, D. & Maskill, R. (1989). Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: Can teachers avoid reinforcing wrong ideas?. *International Journal of Science Education*, 11, 465-479.
- Vergnaud, G. (1982). Cognitive and developmental psychology and research in mathematics education: some theoretical and methodological issues. *For the Learning of Mathematics*, 3(2), 31-41.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- Von Glasersfeld, E. (1984). *Reconstructing the concept of knowledge*. Paper presented at the Seminar on Constructivism. Geneva: Archive Jean Piaget.
- Vosniadou, S. (1990). Conceptual development in astronomy. In S. Glynn, R. Yeany & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 149-177). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Walpole, B. (1991). *Ciência divertida - Ar*. São Paulo, Brasil: Melhoramentos de Portugal.
- Wandersee, J. H. (1983a). Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In H. Helm & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 441-466). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Wandersee, J. H. (1983b). What research says: The concept of "away". *Science and Children*, 21(2), 47-49.
- Wandersee, J. H. (1984). Why can't they understand how plants make food?: Students' misconceptions about photosynthesis. *Adaptation*, 6(3), 13-17.
- Wandersee, J. H. (1986a). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions?. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581-597.

- Wandersee, J. H. (1986b). Plants or animals: Which do junior high school students prefer to study?. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 415-426.
- Wandersee, J. H. (1988). Ways students read texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 69-84.
- Wandersee, J. H.; Mintzes, J. J. & Araudin, M. (1989). Biology from the learners' viewpoint: A content analysis of the research literature. *School Science and Mathematics*, 89, 654-668.
- Wandersee, J. H.; Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1995). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. U.S.A.: N.S.T.A..
- Watts, D. M. (1983). A study of school children's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5, 217-230.
- Watts, D. M. (1985). Students' conceptions of light - a case study. *Physics Education*, 20, 183-187.
- Watts, D. M. & Gilbert, J. (1983). Enigmas in school science: Students' conceptions for scientifically associated words. *Research in Science and Technological Education*, 1, 161-171.
- West, L.; Fensham, P. & Garrard, J. (1985). Describing the cognitive structures of learners following instruction in chemistry. In L. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 29-48). New York: Academic Press.
- West, L. & Pines, A. L. (Eds.). (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.
- White, R. & Gunstone, R. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 11, 577-586.
- Zietsman, A. & Hewson, P. (1986). Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 27-39.

ANEXOS

Anexo nº 1 Questionário

1ª Actividade

Observa com atenção a garrafa que está em cima da mesa e que se encontra representada na figura seguinte. Esta garrafa está aberta.

1. Há alguma coisa dentro da garrafa?

- Sim
- Não
- Não sei



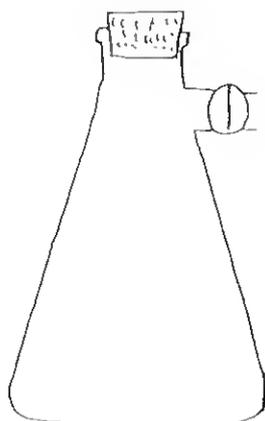
2. Se respondeste sim, o que pensas que há dentro da garrafa? _____

2ª Actividade

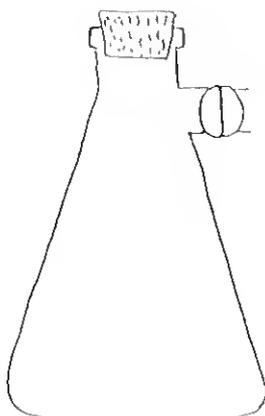
Observa o frasco de vidro que está em cima da mesa. O frasco está “cheio” de ar e encontra-se perfeitamente tapado.

Imagina que tens uma “lupa mágica” que permite ver o invisível com uma grande ampliação.

1. Faz um desenho, no interior do esquema representativo do frasco, que mostre qual o aspecto que tem para ti o ar que está dentro do frasco.

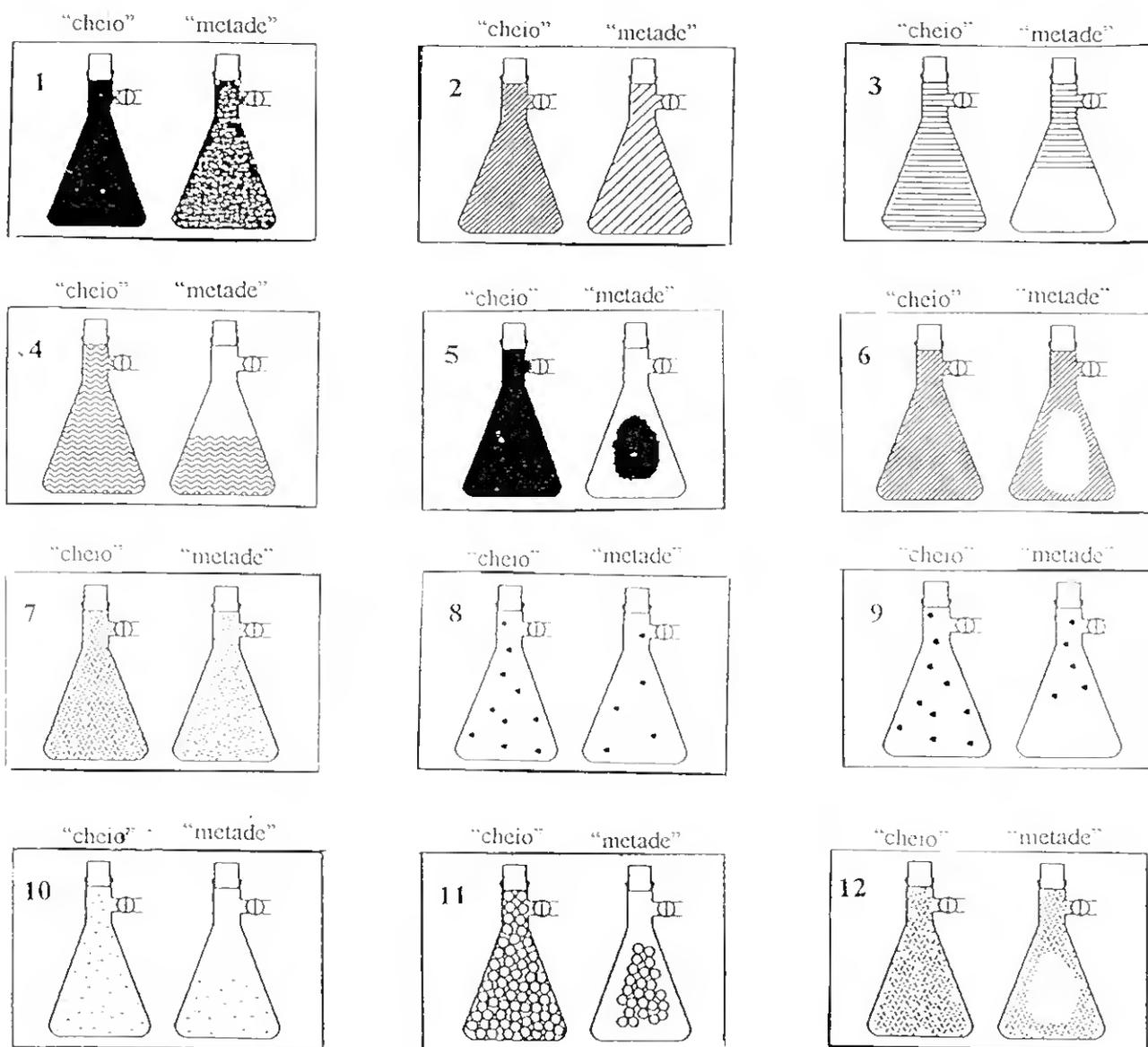


2. Observa outro frasco, semelhante ao anterior, mas de onde se retirou “metade” do ar.
Representa, no interior do esquema seguinte, o aspecto do ar nesta situação.



3ª Actividade

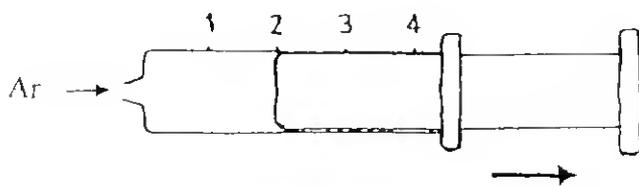
Observa agora alguns esquemas desenhados por outros alunos, os quais representam o aspecto do ar no frasco “cheio” de ar e no frasco com “metade” do ar “vistos” com a ajuda de uma “lupa mágica”.



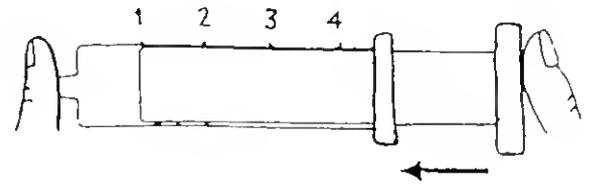
1. Dos desenhos 1 a 12, qual é, na tua opinião, a melhor representação do ar antes e depois de algum ter sido removido? _____
2. Dos desenhos 1 a 12, qual é, na tua opinião, a pior representação do ar antes e depois de algum ter sido removido? _____

4ª Actividade

Na figura seguinte estão esquematizadas as fases inicial e final de uma experiência que acabou de ser realizada



Fase inicial



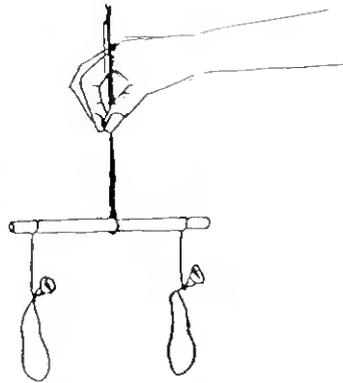
Fase final

Na fase final da experiência existe no interior da seringa

- Mais ar do que na fase inicial
- Menos ar do que na fase inicial
- A mesma quantidade de ar que na fase inicial
- Não sei

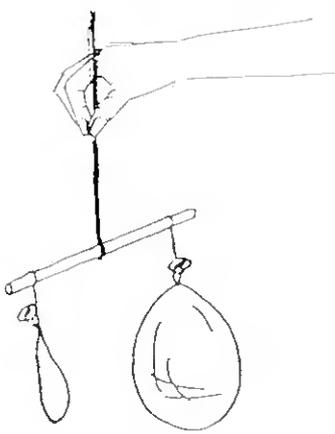
5ª Actividade

Construiu-se uma balança com dois balões iguais e um lápis. Equilibrou-se a balança conforme está esquematizado na figura seguinte.

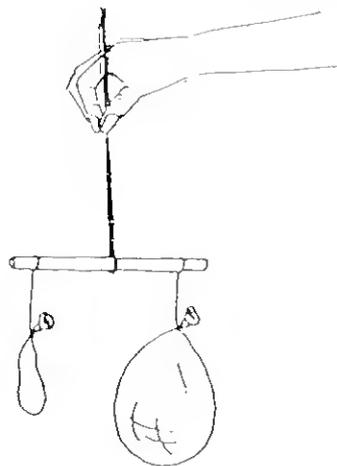


Retirou-se um dos balões, encheu-se de ar e voltou a suspender-se na balança

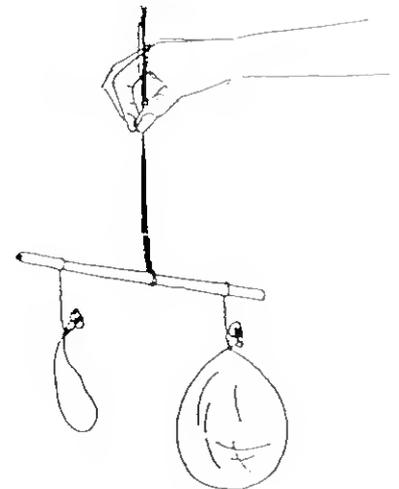
Qual das situações representadas nas figuras A, B e C te parece representar a observação dessa experiência?



A



B

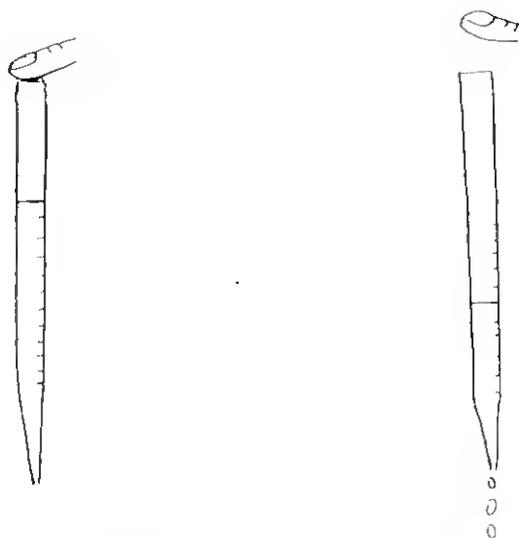


C

- Situação A
- Situação B
- Situação C
- Não sei

6ª Actividade

Observa com atenção o esquema que representa a experiência que acabou de se realizar.



Porque será preciso destapar o orifício superior da pipeta para que a água saia?

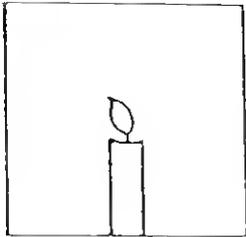
- Para deixar que a água saia mais rapidamente.
- Para deixar que o ar entre pelo orifício superior enquanto a água sai pelo outro
- Para deixar o ar entrar na pipeta antes da água sair
- Não sei.
- Tenho outra ideia. _____

7ª Actividade

Três velas exactamente do mesmo tamanho, foram colocadas em caixas diferentes como mostra a figura.

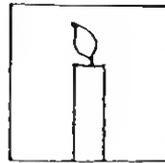
Todas as velas foram acesas ao mesmo tempo.

Caixa grande fechada



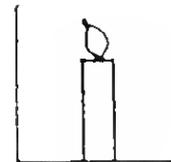
A

Caixa pequena fechada



B

Caixa aberta



C

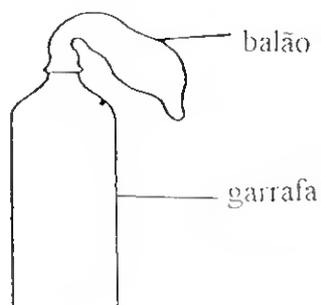
Qual a ordem por que se apagam as velas?

- A , B , C
- B , A , C
- B , C , A
- A , C , B
- C , B , A
- C , A , B
- Não sei

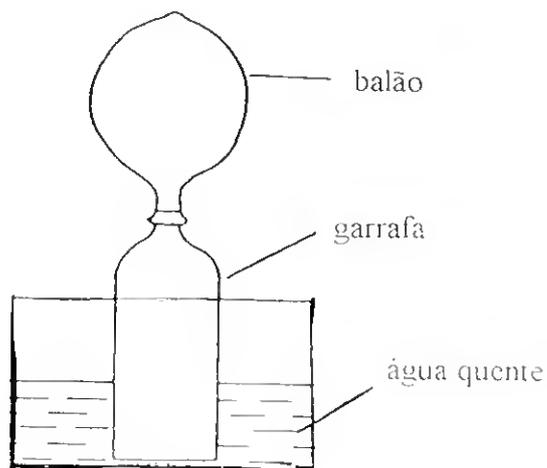
8ª Actividade

Colocou-se um balão de borracha no gargalo de uma garrafa de vidro. A garrafa foi então aquecida, colocando-a dentro de uma tina com água quente.

Passado algum tempo, o balão aumentou de tamanho.



Fase inicial



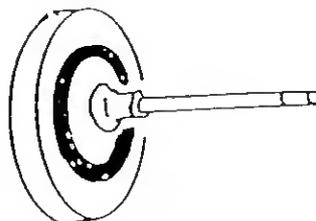
Fase final

Na fase final da experiência, o balão aumentou de tamanho porque

- O ar que estava no interior da garrafa “espalhou-se” e entrou no balão
- O ar que estava no interior da garrafa ficou mais “apertado”
- A quantidade de ar no interior da garrafa aumentou.
- O tamanho da garrafa diminuiu
- Não sei
- Tenho outra ideia _____

9ª Actividade

Observa a seguinte figura, que representa a ventosa que está fixa na parede da sala de aula.



A ventosa fica segura na parede porque.

- Existe ar no exterior da ventosa, e pouco ou nenhum ar entre a parede e a ventosa
- A borracha da ventosa cola à parede
- A ventosa é “puxada” pela parede
- Não existe ar no exterior da ventosa e existe ar entre a parede e a ventosa
- A parede é “puxada” pela ventosa
- Não sei
- Tenho outra ideia _____

Anexo nº 2
Guião de entrevista

GUIÃO DE ENTREVISTA

TEMA: Concepções alternativas sobre estrutura e propriedades do ar.

OBJECTIVO GERAL: Recolher dados sobre as concepções de alunos do 5º ano de escolaridade em relação a alguns conceitos relacionados a estrutura e as propriedades do ar.

Blocos	Objectivos específicos	Actividades	Tempo
Bloco A Legitimação da entrevista e motivação	Legitimar a entrevista e motivar o entrevistado.	Pedir a colaboração do aluno, dizendo que a sua ajuda contribui para o êxito do trabalho. Colocar o aluno numa situação confortável desmistificando qualquer carácter avaliativo da entrevista. Assegurar o carácter confidencial das informações.	5 min.
Bloco B Concepções sobre a existência do ar, sua natureza e estrutura	Recolher dados sobre o modo como o aluno reconhece a presença do ar; Observar a percepção do aluno sobre a natureza e estrutura do ar; Saber se o aluno compreende que o volume do ar é variável.	Manipular uma seringa, tapando o orifício e empurrando o êmbolo. Colocar várias questões sobre o fenómeno observado. Pedir ao aluno dois desenhos do ar que se encontra dentro da seringa em duas situações (à pressão normal e numa situação de pressão maior e volume menor). Formular questões sobre os desenhos	10 min.
Bloco C Concepções sobre o peso do ar	Recolher dados sobre a percepção do aluno de que o ar tem peso.	Observar uma balança simples em equilíbrio, com dois balões iguais. Retirar um dos balões e substituí-lo por um terceiro balão, com mais ar. Fazer perguntas para previsão do fenómeno e para a sua explicação.	5 min.
Bloco D Concepções sobre o movimento e expansão do ar	Conhecer as ideias do aluno sobre o que acontece ao ar quando é aquecido.	Colocar uma garrafa de vidro, com um balão de borracha na boca, dentro de uma tina com água quente. Formular perguntas para explorar o fenómeno observado. Retirar a garrafa da tina e colocá-la num local mais fresco. Fazer novas questões sobre o fenómeno observado.	8 min.
Bloco E Concepções sobre o espaço ocupado pelo ar e a pressão que exerce	Observar qual a percepção do aluno em relação ao facto de que o ar ocupa espaço e exerce força em todas direcções; Conhecer a ideia do aluno em relação à pressão atmosférica.	Introduzir, por sucção, alguma água numa pipeta, tapando o orifício superior para que a água não caia. Fazer perguntas sobre o fenómeno observado. Destapar a pipeta para permitir que a água caia. Voltar a colocar questões para explicação dos fenómenos observados.	7 min.

Anexo nº 3

Transcrições de duas entrevistas

Transcrição de entrevista a um aluno do Grupo PA na fase pré-teste

Professora- Bem... Lembras-te quando respondemos ao questionário?

Aluno- Lembro-me.

P- Lembras-te desta actividade com a seringa?

A- Sim.

P- Vocês não realizaram a actividade na aula. Fui eu que fiz para vocês verem. Não houve oportunidade para vocês próprios experimentarem... Então, olha: isto é uma seringa (como tu sabes); esta parte de trás chama-se êmbolo e, se nós puxarmos, fica assim... Quando eu puxo o êmbolo, assim, para trás, o que é que fica cá dentro?

A- Ar.

P- E esse ar entrou por onde?

A- Por aqui.

P- Aqui por este buracozinho?

A- Sim.

P- Então, puxa agora tu o êmbolo para trás, até à marca dos 60 ml, e tenta imaginar o ar que está lá dentro. Se fosses capaz de ver o ar que se encontra dentro da seringa, muito ampliado, com a ajuda de uma lupa mágica, como é que ele seria? Qual seria o seu aspecto?

A- (...)

P- Pensa um bocadinho... E depois, tenta desenhar nesta folha de papel aquilo em que estás a pensar.

P- És capaz de explicar o desenho que fizeste?

A- Fiz assim uma linha...

P- E isso o que é?

A- O ar é assim tipo uma circulação. Quando digo circulação, o ar está a circular pelo ar... Entra por aqui...

P- O ar que está dentro da seringa está a circular? O que é que queres dizer com isso?

A- O ar não está parado. Não está em repouso. Sim, eu acho que está em movimento... Sei lá! Acho que sim...

P- Agora vais pôr aqui o teu dedo, tapando bem o buracozinho, e vais empurrar o êmbolo com a outra mão, sem deixar escapar ar por ali. Empurra o máximo que puderes. Vamos ver o que acontece... Empurra até não poderes mais.

A- Volta para trás!

P- Por que será?

A- (...)

P- Chega a um ponto em que já não consegues empurrar mais. Por que será?

A- Porque há bocado o ar estava a circular à vontade e agora já está num espaço mais pequeno e fica mais apertado.

P- E a quantidade de ar, será a mesma? Será menos? Ou mais?

A- Penso que seja...

P- Diz!

A- Acho que é a mesma, só que mais apertado.

P- Então, na tua opinião, a quantidade de ar não aumentou, nem diminuiu. Esse ar será o mesmo?

A- Sim. Se não saiu por nenhum lado...

P- Então e agora, serás capaz de desenhar o ar assim, como ele está agora? Qual seria o seu aspecto agora?

P- Estás a desenhar o ar usando bolas. Porquê?

A- Porque... Não sei como é que hei-de mostrar assim o ar.

P- Faz da melhor forma que puderes, desde que seja a maneira como tu pensas.

A- Então, eu vou pensar melhor e vou tentar fazer os dois desenhos outra vez... O ar no primeiro desenho está assim, mais ou menos espalhado... E agora, vou pôr estas bolinhas juntas.

P- Pões as bolinhas juntas porquê?

A- Portanto, eu quero representar o ar, só que...

P- E cada bolinha destas o que representa?

A- É ar.

P- Deixaste aqui algum espaço livre. Foi de propósito?

A- Sim.

P- Então, aí nesse espaço o que é que há?

A- O que é que há?

P- Sim, pensas que está aqui alguma coisa neste espaço?

A- Não sei.

P- Continua a fazer os teus desenhos.

(O aluno continua a desenhar. Ambos os esquemas podem ser vistos no final da transcrição desta entrevista)

P- Já está?

A- Eu penso que não há assim espaços entre o ar. Penso que há só ar... Ao apertar nós conseguimos pôr o ar num espaço mais pequeno.

P- Tu deixaste aqui um espaço maior entre as bolinhas, como tu dizes. E aqui estão mais apertadas, não é? Então, não sabes se existe algo entre as bolinhas?

A- Pois, isso é que eu queria saber!...

P- Bem... Agora, também não te vou responder. Pode ser que depois consigas descobrir nas aulas...

P- Agora vamos passar a outra actividade. Supõe que isto é uma balança, mas muito simples. Vamos ver se ela fica equilibrada... Diz-me lá o que é que estás a ver.

A- Estou a ver dois balões pendurados numa balança.

P- Há alguma coisa dentro destes dois balões?

A- Não.

P- Estão completamente vazios?

A- Só um bocado de ar... Mas é muito pouco.

P- Neste caso a balança está em equilíbrio. Porquê?

A- Porque há mais ou menos o mesmo ar nos dois balões.

P- Agora vou tirar um dos balões e vou colocar outro, um bocado diferente. Qual é a diferença?

A- A diferença é que um está cheio de ar enquanto o outro está vazio.

P- O que é que tu achas que vai acontecer quando eu pendurar este segundo balão?

A- Não sei... Acho que este vai ficar mais pesado que...

P- Qual?

A- O vazio. Penso que sim, porque o outro balão com o ar ficou mais leve.

P- Então quer dizer que tu pensas que o balão cheio vai para cima e o outro vai para baixo?

A- Sim.

P- Então vamos ver o que acontece.

(...)

P- O que é que aconteceu?

A- Com o ar o balão tornou-se mais pesado.

P- Qual deles?

A- O balão que está cheio de ar é pesado do que o outro. Eu estava enganado...

P- O que é que isto te mostra?

A- O que é que isto mostra? É o ar que torna as coisas mais pesadas. Pois, porque este balão está cheio e tem lá qualquer coisa, que é o ar, e fica mais pesado. O outro está vazio...

P- Então o que é que esta experiência prova?

A- Que o ar tem peso.

P- Agora vamos fazer outra actividade. Faz-te lembrar alguma coisa?

A- Não.

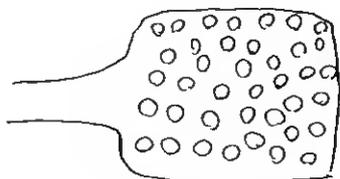
P- Eu vou pôr aqui um balão na boca desta garrafa de vidro, que está em contacto com água muito quente. E tu vais observar o que acontece...

A- A garrafa tinha ar. Com a água quente o ar foi para cima.

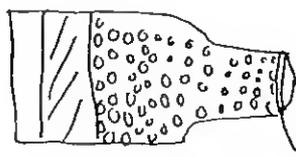
P- Esta garrafa tinha alguma coisa cá dentro?
A- Ar.
P- Mas diz lá o que é que observas.
A- Estou observando que o ar que estava na garrafa, com a temperatura da água, que estava muito quente, começou a subir para cima. O ar estava a querer libertar-se, mas como estava o balão, o balão ficou cheio de ar.
P- E se se tirar a garrafa da tina? O que é que vai acontecer?
A- Agora acho que o balão vai...
P- Tirei a garrafa da água quente.
A- Acho que o balão vai ficar... Penso que o balão vai ficar normal porque o ar circula na garrafa e no balão.
P- Vou voltar a pô-la aqui dentro da tina com água quente. O que aconteceu ao ar que estava dentro da garrafa?
A- Com a temperatura da água, que estava bastante quente, começou a subir para cima, a querer sair da garrafa e como estava o balão a tapar, começou a encher o balão.
P- Agora que tirei da tina, já está o balão a ficar outra vez vazio. Porquê?
A- Porque o ar agora... Saiu um pouco de ar. É a mesma quantidade, mas dividiu o ar com a garrafa.
P- E agora o que está a acontecer?
A- O ar que estava no balão está a ir outra vez para a garrafa.
P- Então, vamos passar à última actividade. Temos aqui uma pipeta. Vamos enchê-la com água assim, como se fosse uma palhinha... O que é que tu pensas que está dentro desta pipeta?
A- Dentro da pipeta há água e ar.
P- Repara onde tenho o meu dedo. O que é que estou a fazer com o dedo aqui?
A- Está a tapar cá em cima.
P- Agora vou destapar. Antes disso, diz-me lá: quando eu destapar a pipeta o que é que vai acontecer?
A- Vai cair.
P- Então vamos observar. E depois dá-me a tua opinião sobre o que acontecer.
A- Isto é como as ampolas. Nós partimos em baixo e o líquido não escorre.
P- E por que será?
A- Deve ser por causa do ar... Pois, é que para a água sair, o ar se calhar tem que ser libertado.
P- Que ar?
A- O ar que estava dentro da pipeta. Estava uma parte com água e outra com ar. E para libertar a água, teve que se libertar o ar.
P- Então, quando se levanta o dedo o que é que acontece?
A- Pois... Eu acho que o ar vai para cima e a água vai para baixo.
P- E dentro da pipeta, o que é que fica?
A- Ah! Já sei, já sei... É que tínhamos isto tapado. O ar não se movia e estava a água. Mas depois, ao tirar, o ar entrou e empurrou a água.
P- Que ar é que entrou?
A- O ar que está à nossa volta. Entrou e empurrou a água.
P- Então, por que é que antes de destapar, a água não caía?
A- É que a pipeta tem água, ela está a tapar o ar e, assim, ele não sai...
P- Bem... Nós vamos terminar aqui. Agradeço-te muito a tua colaboração!

Desenhos efectuados pelo aluno para representar o ar (duas situações)

1ª situação:



2ª situação:



Transcrição de entrevista a um aluno do Grupo PA na fase pós-teste

Professora- Vamos ter uma conversa muito semelhante à outra que tivemos há uns tempos. Tu vais tentar responder o melhor que puderes e sem te preocupares, porque isto não conta para a tua avaliação na disciplina de Ciências. Bem, vais agora, com as tuas próprias mãos, puxar o êmbolo desta seringa para trás e vais-me dizer o que é se vai passar dentro da seringa?

Aluno- Quando se puxa a seringa para trás, o ar entra.

P- De que ar é que estás a falar? Onde é que ele estava?

A- O ar que estava em volta da seringa.

P- E entrou por onde?

A- Por este orifício.

P- Então o que é que existe dentro da seringa neste momento?

A- Está ar.

P- Agora vou-te pedir para tu fazeres outra coisa: para colocares aqui um dedo e empurrares o êmbolo para a frente, agora em sentido contrário, de maneira que não saia nenhum ar por aqui.

(O aluno executa a tarefa)

P- Estás a sentir alguma coisa? O que é que sentes?

A- Sinto que está a apertar. Sinto o ar, a tentar libertar o dedo.

P- Mas conseguiste empurrar um pouco o êmbolo. Porquê?

A- Porque o ar é compressível.

P- E o que é que isso significa?

A- Que é elástico.

P- És capaz de explicar melhor?

A- Que se pode diminuir o volume.

P- Então quer dizer que o volume agora é menor. E a quantidade de ar?

A- É a mesma.

P- Então qual é a diferença que sentes?

A- Sinto que agora está com mais força.

P- Agora vou-te pedir para tu fazeres dois desenhos que representem as duas fases desta experiência...

A- Ah! Agora senti o ar a sair!

P- Então, vou-te pedir para fazeres um desenho da seringa com o ar lá dentro, se fosse possível vê-lo.

Imagina como é que seria o seu aspecto se conseguisses vê-lo muito ampliado. E a seguir, vou-te pedir para fazeres um segundo desenho da seringa e do aspecto do ar, lá dentro, assim nesta situação.

(O aluno executa a tarefa solicitada. Ambos os desenhos podem ser vistos na parte final da transcrição desta entrevista).

P- Já está?

A- Sim.

P- Agora gostava que explicasses o que fizeste. O que é que isso representa?

A- O primeiro desenho representa quando eu puxei o êmbolo para trás e o ar entrou. E, no segundo, fiz quando puxei o êmbolo para a frente e quando o ar ficou apertado.

P- E como é que nós conseguimos perceber que no segundo desenho o ar está apertado?

A- É que não há tantos espaços como no primeiro...

P- E cada bolinha destas que tu desenhaste o que é que representa?

A- É o ar. É um bocadinho de ar.

P- E neste espaço aqui, que tu deixaste em branco, o que é que existe?

A- Não existe nada.

P- E em todos os outros espaços que tu deixaste em branco?

A- Não existe nada.

P- Então, quais são as diferenças entre as duas situações?

A- É que as partículas aqui estão mais apertadinhas...

P- Entre a primeira e a segunda situação, o que aconteceu ao volume ocupado pelo ar?

A- Variou. Diminuiu.

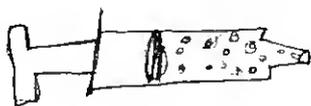
P- E não sentiste nada no dedo, na segunda situação, quando estavas a empurrar o êmbolo com força para dentro da seringa?

A- Senti a pressão do ar a querer sair.
P- Essa pressão também existia na primeira situação?
A- Não. A pressão aumentou.
P- E a quantidade de ar no interior da seringa variou?
A- Continua a mesma. É o mesmo ar, com um volume menor porque as partículas estão mais juntinhas, e a fazerem mais pressão porque querem sair.
P- Agora vamos realizar outra actividade. Temos uma balança muito simples e colocamos um balão em cada uma das extremidades. O que é que observas?
A- A balança fica em equilíbrio porque a quantidade de ar nos balões deve ser a mesma, então devem ter o mesmo peso.
P- Agora vou retirar um dos balões e vou colocar este. Vês alguma diferença entre os balões, agora?
A- São diferentes porque um deles é mais pesado.
P- Qual?
A- O maior.
P- Por que é que dizes isso?
A- Porque tem o ar... É mais pesado... O ar tem peso.
P- Então, diz-me lá: antes de colocar os balões na balança, para onde é que pensas que vai pender?
A- Para este lado (do balão mais cheio).
P- Observa então o que acontece e podes comentar...
A- A balança está mais inclinada para este lado (do balão mais cheio).
P- E agora, se eu tirar este balão e colocar outro ainda com mais ar, o que é que vai acontecer?
A- Vai inclinar-se ainda mais...
P- Como é que tu explicas isso?
A- Porque o ar tem peso. E este balão tem mais ar do que o outro. Agora vê-se bem a diferença. Sim, porque o terceiro balão ainda tem mais peso.
P- Agora vou colcar os dois balões que têm mais ar. O que é que acontece?
A- A balança vai baixar para o lado do balão mais cheio porque tem mais ar.
P- Que conclusão podemos tirar desta actividade?
A- Que o ar tem peso... E quanto mais ar... mais peso tem o balão.
P- Vamos então para a terceira actividade que tu também já conheces. Tens aqui uma garrafa de vidro. Ela tem alguma coisa cá dentro?
A- Tem ar.
P- Como podemos ter a certeza que tem ar?
A- Porque o ar está sempre em movimento...
P- Agora vou tapar a garrafa com um balão de borracha e vou colocá-la em contacto com esta tina cheia de água muito quente. Tens alguma ideia do que irá acontecer?
A- O balão vai encher.
P- De quê?
A- De ar. Do que estava dentro da garrafa de vidro.
P- Como explicas esse acontecimento?
A- Porque com o calor o ar quer libertar-se. Por isso vai para cima, vai para todos os lados, mas vai mais para cima.
P- Qual é o ar que se quer libertar?
A- O ar que estava dentro da garrafa. Porque ele vai movimentar-se.
P- Em que direcção?
A- Para cima... E para todos os lados... Mas vai mais para cima.
P- E como é que vai ficar o balão de borracha?
A- Vai ficar cheio de ar.
P- Mexe no balão para ver se sentes alguma coisa...
A- Sinto ar lá dentro.
P- Agora vamos tirar a garrafa da água quente e pô-la em cima da mesa. Daqui a um bocadinho o que é que pensas que vai acontecer?
A- O balão vai desencher porque o ar vai voltar para baixo.
P- E há mais alguma diferença entre as duas situações? Por exemplo, a quantidade de ar entre há pouco e agora?...

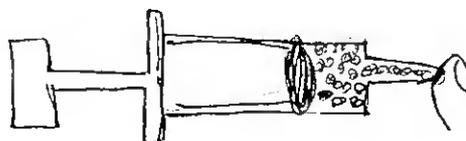
A- Não. O ar é o mesmo. É o mesmo ar que estava lá no início.
P- Afinal, o que é que nós vimos?
A- Vimos o balão a encher e o ar em movimento, a espalhar-se.
P- E o que é que faz com que ele se movimente e se espalhe?
A- É o calor.
P- Será que o ar só se movimenta com o calor?
A- De cima para baixo também. Sim, para todos os lados...
P- E se estiver mais frio?
A- Não se movimenta tanto, fica em repouso. Agora o ar voltou para onde estava. O balão até parece que está mais vazio do que no princípio. O ar ficou mais apertado.
P- Então será que agora também houve movimento do ar?
A- Sim. Agora foi para baixo.
P- Que conclusão poderíamos tirar desta experiência?
A- Que o ar movimenta-se... De cima para baixo, ou de baixo para cima. Para todos os lados. E o que faz com que ele se movimente são muitas coisas, mas pode ser o frio ou o quente. É a temperatura!
P- Vamos agora realizar a última actividade, que também já conheces... É aquela em que nós enchemos a pipeta com água. O que é que faz com que a água entre na pipeta?
A- Soprar para dentro.
P- Será que se sopra?
A- Não, é ao contrário! Não se sopra, puxa-se o ar para dentro da boca. E a água é atraída.
P- Então por que é que a água entra para a pipeta?
A- Porque se sopra para dentro.
P- Antes de se fazer isso, existia alguma coisa na pipeta?
A- Existia só ar.
P- E ao “soprar para dentro”, como tu dizes, o que é que acontece ao ar que estava lá dentro?
A- O ar diminui. Porque tira-se o ar. E ao mesmo tempo entra a água.
P- Agora a água está dentro da pipeta. Como é que explicas isso?
A- Porque o ar vai fazer força para que a água não caia.
P- Que ar?
A- O ar que está à volta da pipeta.
P- Qual?
A- O ar que está à roda.
P- Tu dizes que esse ar faz força. Como?
A- Para cima. De maneira que a água não consegue cair.
P- E por que se tapa com o dedo cá em cima?
A- Para fazer com que o ar não entre.
P- Qual ar?
A- O ar que está em volta da pipeta. Não entra por esse burquinho de cima.
P- Quando se destapa o que é que acontece?
A- O ar entra para a pipeta e faz peso para a água cair. O ar que está à volta da pipeta entra...
P- Em que direcção?
A- De cima para baixo
P- E para onde vai esse ar?
A- Vai ocupar o espaço da água e na pipeta fica só ar.
P- Já acabámos. Muito obrigada pela tua participação.

Desenhos efectuados pelo aluno para representar o ar (duas situações)

1ª situação:



2ª situação:



Anexo nº 4

Transcrições de duas aulas

Transcrição de parte da aula nº 4 com o Grupo PA

P- Em relação às aulas anteriores, às propriedades do ar já estudadas, alguém quer colocar alguma questão?

A1- Não. Ai, é verdade... É verdade...

P- Diz lá, N..., o que é?

A1- (...)

P- Então, diz-me lá se te lembras do que temos estado a estudar...

A1- Se o ar ocupa espaço...

P- E a que conclusão chegámos?

A1- Ocupa.

P- E há mais propriedades do ar de que já falámos... Diz, C...!

A2- O ar é invisível...

P- Diz, G...!

A3- Consegue-se sentir, através do vento...

P- Diz lá, A...!

A4- Tem força, tem pressão...

P- E que mais? Por exemplo, T...?

A5- É incolor, é inodoro...

P- É incolor... É inodoro... É insípido... E estas palavras, o que significam? Incolor, por exemplo, o que significa?

A5- Não tem cor... E inodoro quer dizer que não tem cheiro.

P- Sem cheiro, inodoro, sem odor... E insípido?

A5- É sem sabor.

P- Só neste bocadinho já falámos de tantas propriedades! Terá mais propriedades, o ar? Este ar que nos rodeia? Terá?

A6- Sim, acho que sim... Até pode ter...

P- Quais? Por exemplo... Qual é a ideia que têm destas coisas?

A7- Pode ser quente ou frio... Se estiver no Alasca é frio, se estiver no deserto é quente...

P- E que mais?

A- (...)

P- Será que o ar terá mais propriedades, além daquelas que temos estado a estudar?

A8- Há mais? Há mais? Diga lá, Professora, para eu ter uma ideia...

P- Vocês há bocado falaram que ocupa espaço. Pois é, mas será que o espaço ocupado pela mesma quantidade de ar, é sempre o mesmo? O ar terá sempre o mesmo volume?

A- Não.

P- Será possível mudar o volume de uma certa quantidade de ar, que se encontra num recipiente?

A2- É possível mudar.

P- Diz, J...!

A9- Depende.

P- Então porquê?

A9- Se os objectos tiverem dentro...

P- Explica lá melhor a tua ideia, se não te importas...

A9- Por exemplo, agora faltava uma cadeira e íamos buscar uma cadeira à outra sala...

P- E então?

A9- Ao trazer a cadeira da outra sala, o ar ficava no lugar da cadeira.

P- E aumentava a quantidade de ar na sala? Ou diminuía?

A9- Diminuía. Era a mesma cadeira...

P- Então, talvez seja boa ideia fazermos mais uma experiência...

A9- Vamos ficar sentados da mesma maneira?

P- Sim, porque vamos trabalhar em grupos de dois elementos. Vamos agora distribuir os materiais por todos os grupos.

(...)

P- Já observaram o material que vos dei?

A10- Ai, Professora, a seringa é muito grande!

P- Esta seringa, por exemplo, tem uma capacidade de cerca de 100 ml, mas há outras mais pequenas. Talvez esta seja melhor para aquilo que vamos fazer...

P- Neste momento, que todos os grupos já têm a seringa, pensem um pouco e digam-me: haverá alguma coisa dentro da seringa?

A- Ar.

P- E como é que podemos facilmente apercebermo-nos de que existe ar na seringa?

A- (...)

P- Experimentem lá a fazer força com o êmbolo para dentro da seringa, tapando com um dedo o orifício. O que acontece?

A- Já não se consegue empurrar mais o êmbolo!

P- Encontram alguma razão para isso?

A11- O ar fica apertado.

A8- O ar ocupa espaço.

P- Então, talvez esta actividade possa provar que o ar ocupa espaço, que ele existe e está cá dentro. Mas... no início, a seringa tinha 100 ml de ar, que está cá dentro... Mas, se comprimirmos, se apertarmos...

A8- Fica com quanto?

P- Até à marca que conseguirem... Por exemplo, até 70 ml. Mas experimentem a fazer ainda mais força e talvez ainda consigam apertar mais. Diz, L...

A12- Às vezes, quando nós fazemos muita força, muita força no tubo, quando nós vamos libertar, o ar que estivemos a apertar, põe o êmbolo para trás.

P- Isso acontece na fase final da experiência... Nessa altura, como variou o volume do ar?

A- (...)

P- O volume? O espaço que o ar ocupa?

A- É menor... É menor.

A8- Porque fica apertado.

P- E o ar que está lá dentro será o mesmo, em termos de quantidade?

A- (...)

P- A quantidade de ar no interior da seringa terá aumentado, terá diminuído...?

A- É o mesmo.

A8- É menos...

A2- Só que está mais apertado...

A8- É o mesmo.

P- É o mesmo ar?

A- É.

P- Saiu, ou entrou, algum ar na seringa?

A- Não... Não...

P- Então, em relação à pergunta de há bocado, sobre o volume do ar poder variar, o que é que acham?

A- O volume pode variar.

P- O mesmo ar pode ter mais volume... e pode ter menos volume... Isto relaciona-se com outra propriedade... A água, por exemplo, terá a mesma propriedade? Se em vez de ar na seringa, fosse água, conseguiríamos comprimi-la?

A-Não. Era impossível...

P- Era impossível. Mas no ar é possível, por isso se diz que o ar é compressível... Compressível quer dizer que se pode comprimir, ou seja, fazer com o seu volume diminua. E será que se pode fazer com que o seu volume aumente?

A- Pode.

P- Por exemplo... Reparem: se puxarmos o êmbolo da seringa para trás, apenas até à marca dos 50 ml, e depois taparmos o orifício da seringa, será que conseguimos fazer aumentar o volume do ar que fica lá dentro?

(Os alunos executam a tarefa)

A- Sim.

P- Portanto, o que podemos concluir em relação ao volume do ar?

A- O volume varia. Pode aumentar, pode diminuir...

P- Por isso se diz que o ar é elástico. Repitam a experiência com as vossas seringas, mais vezes, colocando diferentes quantidades de ar, apertando ou puxando com mais ou menos força...

(Os alunos manipulam os materiais, em grupo, e experimentam várias situações)

P- Bem, agora quero pedir-vos que façam, a pares, dois desenhos, numa folha separada para me entregarem. O primeiro desenho deve representar a seringa na primeira situação, em que nós puxamos o êmbolo para trás e o segundo desenho deve representar a situação em que nós apertámos, ou seja, comprimimos o ar.

Portanto, vão fazer um esquema que represente o ar que está dentro da seringa, se conseguissem vê-lo, primeiro, assim, no estado normal. Depois vão desenhá-lo na situação em que o apertámos, tapando o orifício.

(Os alunos executam a tarefa)

Transcrição de parte da aula nº 4 com o Grupo PF

P- Há alguém que queira dizer-nos, e ao L..., que tem estado a faltar, o que temos estado a aprender nas aulas?

A1- O que temos estado a fazer ultimamente nas aulas é que a Professora, ou nós, fazemos experiências, e depois às vezes fazemos relatórios, ou esquemas. Temos estado a fazer experiências sobre o ar, para verificar se tem volume, se ocupa espaço, se o ar...

P- Diz lá, E..., o que é?

A2- Como a I... disse, a primeira experiência que fizemos foi primeiro, a Professora mergulhou um copo na diagonal e a água penetrou no copo porque o ar teve espaço para sair... E depois mergulhou o copo na vertical e o ar ficou lá dentro. E a segunda experiência foi: tínhamos três provetas com um funil e o primeiro funil não estava isolado, e despejámos água e a água foi para dentro da proveta. E na segunda montagem o funil estava isolado da proveta e despejámos água muito depressa e a água ficou retida no funil. Depois, fomos despejando a água lentamente e ela teve tempo para penetrar no funil porque saiu o ar. E finalmente, na última experiência, que fizemos na 2ª feira, foi assim também sobre o ar, mas é melhor outro explicar...

P- Então, quem é que se lembra? Lembras-te, N...?

A3- Estava uma garrafa... E depois pusémos um tubo enfiado na rolha da garrafa, e depois pusémos goma adesiva por volta e, não sei se foi nesta, que a Professora pediu para nós desenharmos o ar que estava lá dentro.

P- Se fosse possível vê-lo...

A3- Sim, com uma lupa mágica. E depois com uma seringa enfiámos ar lá dentro. E depois, a Professora pediu para nós desenharmos outra vez o ar se fosse possível vê-lo...

A1- Posso continuar agora?

P- Sim.

A1- Depois colocámos tudo como estava no início, e com a seringa retirámos ar lá de dentro.

P- Está bem. E com tudo isto, o que é que já aprendemos acerca das propriedades do ar e também da sua estrutura? Como é que ele é formado... Com tudo isto, resumindo e concluindo, o que é que nós já sabemos sobre o ar? Diz lá, C...!

A4- Que o ar ocupa espaço!

P- Sim, uma propriedade é essa. E outra, por exemplo, Z...?

A5- (...)

P- Ías dizer a mesma? Diz tu, T...!

A6- Tem volume...

P- Tem volume. O que está relacionado com o que a Carolina disse. E... Diz lá, T...!

A6- Faz pressão sobre a água.

P- e és capaz de dizer o que é que isso significa? Pressão?

A6- É quando uma coisa faz pressão... Quando eu ponho assim para baixo, estou a fazer pressão na mesma, porque estou a carregar e ela não vai abaixo.

P- Então, a pressão, o que é? J...

A7- Uma força.

P- Uma força. Então, podemos dizer que o ar também exerce força sobre os objectos, sobre as coisas... E mais propriedades? L...

A1- Eu não sei bem se isto é uma propriedade... É que nem tudo o que está aqui nesta sala é ar. É que há uns certos bocadinhos entre o ar que não é... Oxigénio e outros...

P- Gases.

A1- E outros gases que nós podemos respirar... Não é só isso que há nesta sala.

P- Então o que é?

A1- Porque muitas vezes não tem... Não tem ar.

P- Isso significa que o ar, a constituição do ar, a sua estrutura, é como? É por camadas, ou é assim por linhas como alguns desenharam? Como é a sua estrutura, L...?

A1- Eu penso que seja com bolinhas.

A2- Sim, com bolinhas...

A1- Pintinhas...

P- É formado por partículas minúsculas. O ar é formado por partículas minúsculas, todas separadinhas...

A- Que não se tocam.

P- Que não se vêem. Porque o ar tem outra característica, um propriedade muito simples, que é... Ser invisível, é incolor... Porque a sua constituição é formada por gases incolores. O ar é constituído por gases, vários gases, que são incolores. E são inodoros. Sabem o que isso significa? Não têm cheiro. E são insípidos... Não têm sabor.

A2- E também não se podem tocar.

P- Não se podem sentir, assim, com o tacto. Mas podemos senti-lo! Podemos sentir o ar, por exemplo, através do vento, através da deslocação quando abanamos a mão... Podemos sentir quando uma porta se fecha... O movimento do ar provoca estas alterações, mas vê-lo, saboreá-lo, cheirá-lo... O ar atmosférico não se sente assim. Também tem essas propriedades.

P- Então, acerca da estrutura do ar, no outro dia, vocês desenharam no interior de três garrafas com uma certa quantidade de ar, depois com uma quantidade maior e uma quantidade de ar menor. Vocês desenharam as partículas que constituem o ar - alguns de vocês, nem todos... Outros pintaram todo o conteúdo da garrafa, o que vimos que não podia ser, porque se pintarmos tudo, significa que não conseguimos introduzir mais ar lá dentro. Outros pintaram assim, às risquinhas. Então, se pintaram às risquinhas, por camadas, significa que depois o ar não está espalhado por todo o recipiente.

A2- E o que é que acontece quando o recipiente está completamente cheio de ar?

P- Boa pergunta! L...?

A9- O recipiente torna-se... É mais difícil de... É mais pesado... E, por exemplo, se for uma garrafa, é mais difícil apertá-la.

P- Se for uma garrafa de plástico?

A9- Sim. É mais difícil.

P- E se for de vidro, por exemplo? T...?

A5- Nós não conseguimos pôr lá mais ar...

P- E...?

A5- E...

P- Se forçarmos?

A5- Ai, se forçar, o ar faz força.

P- E então? O que é que poderá acontecer? F...?

A10- A garrafa poderá...

P- O que é que ele quer dizer com aquilo, A...?

A11- Parte.

P- Poderá partir.

A2- Se for de vidro? Só se for com muita, muita pressão...

P- Pois é... Olhem, nós agora vamos fazer uma actividade em grupos de dois elementos. Eu vou buscar os materiais para vocês usarem.

(...)

P- Vão usar a vossa seringa para colocar algum ar lá dentro. Por exemplo, até à marca dos 100 ml. E vão imaginar qual será o aspecto do ar lá dentro, se conseguíssemos vê-lo. Depois vão tentar desenhá-lo com a ajuda do parceiro, numa folha separada.

P- Não respondam agora, mas pensem qual será o aspecto do ar que está lá dentro, agora?

(Os alunos executam a tarefa).

P- Já está? Agora, vão colocar um dedo no orifício da seringa e apertar com força o êmbolo para fundo. Não sentem uma dor na ponta do dedo? Será provocada por quê?

A- Pelo ar, que quer sair.

P- E o ar que está lá dentro será o mesmo, será mais ou será menos?

A- Será menos.

P- Então significa que saiu alguma ar da seringa. Por onde?

A- Ah! Não saiu porque nós não deixámos!

P- Então, digam-me lá de novo: o ar será o mesmo?

A- É.

P- E qual será agora o seu aspecto, se nós o pudéssemos ver?

A- Está mais apertadinho.

P- Agora vou-vos pedir que desenhem novamente a seringa com o ar lá dentro, se pudessem vê-lo, nesta segunda situação.

(Os alunos executam esta tarefa)

P- Hoje vimos que, por um lado o ar... Existe ou não?

A-Sim.

P- Como vimos isso?

A- Porque já não conseguimos apertar mais o êmbolo e isso é por causa do ar que está lá dentro.

P- Então, isso significa que a mesma quantidade de ar pode ter um volume menor?

A- Sim.

P- Portanto, o que podemos concluir em relação ao volume do ar?

A- Pode diminuir...

P- Será que também é possível fazer aumentar o volume da mesma quantidade de ar?

A- Não sei.

P- Olhem. Se colocarmos apenas 50 ml de ar dentro da seringa e taparmos bem o orifício e depois puxarmos o êmbolo para trás, não estamos a aumentar o volume do ar?

A- Sim.

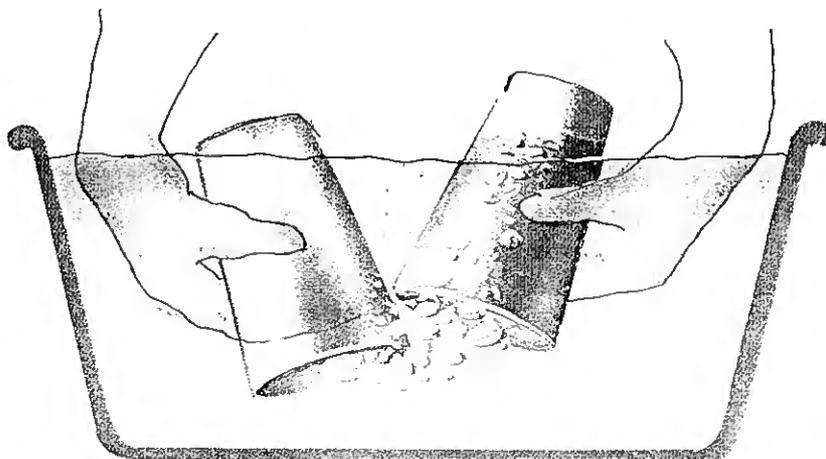
P- Então o que é que isso significa.

A2- Que o volume varia: tanto pode aumentar, como diminuir...

Ilustrações de duas actividades realizadas na aula nº 1

“Enche um copo com ar”

(in Walpole, 1991)



“Mantém o lenço seco”

(in Walpole, 1991)

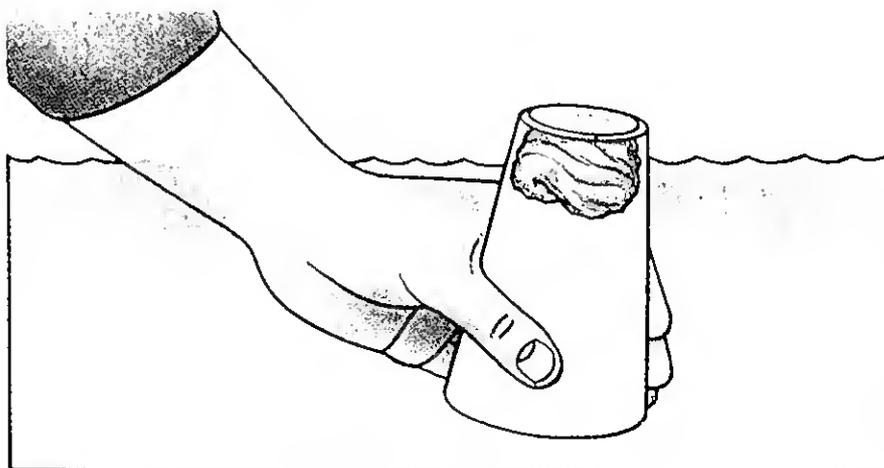
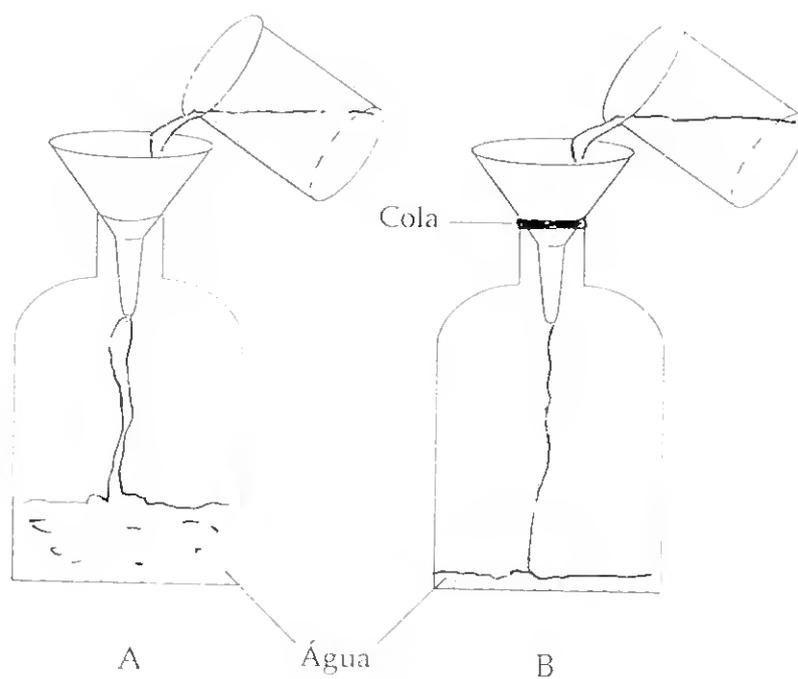


Ilustração de uma actividade realizada na aula nº 2

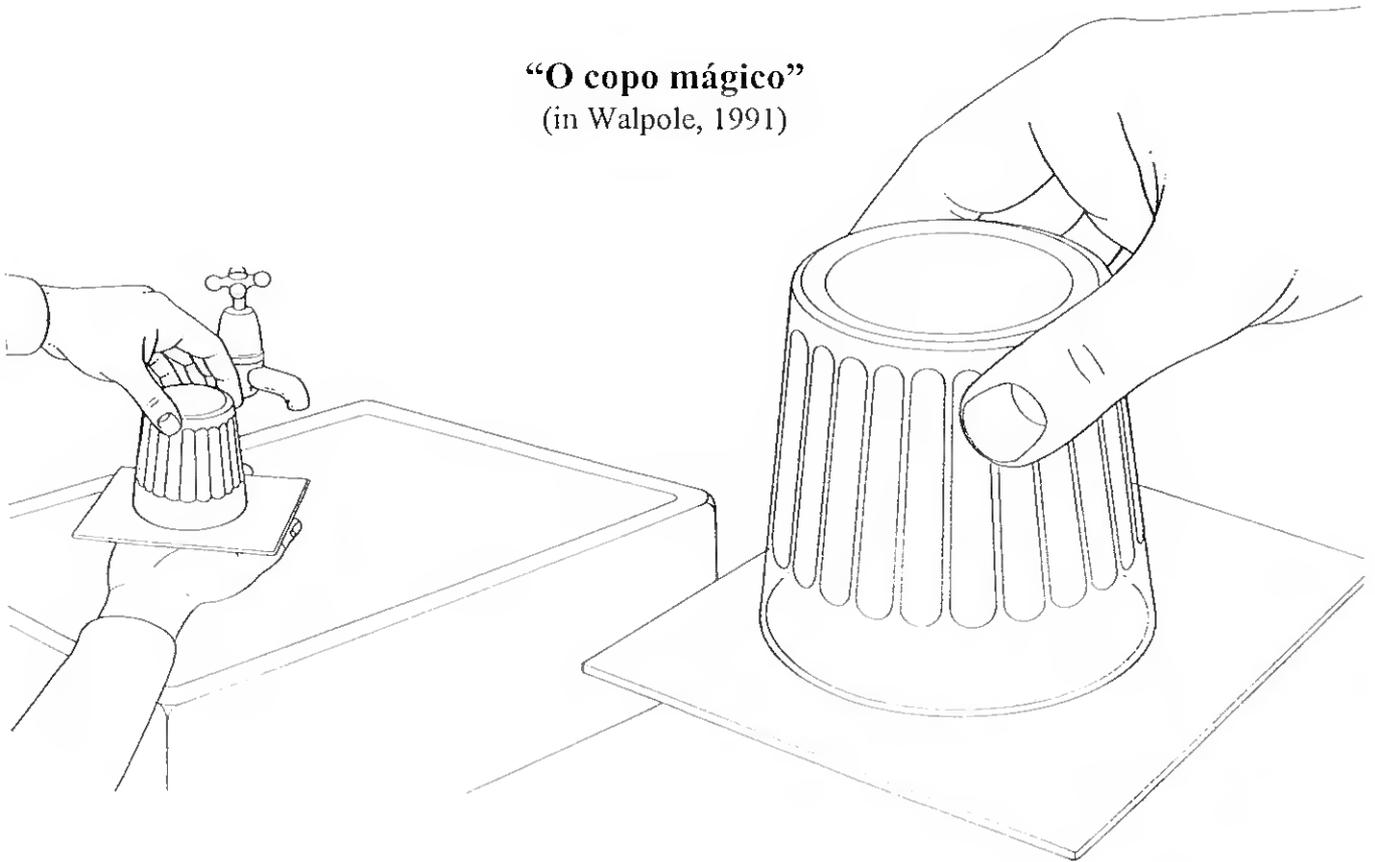
“Como sabemos que o ar existe?”

(in Cristo & Galhardo, 1996)

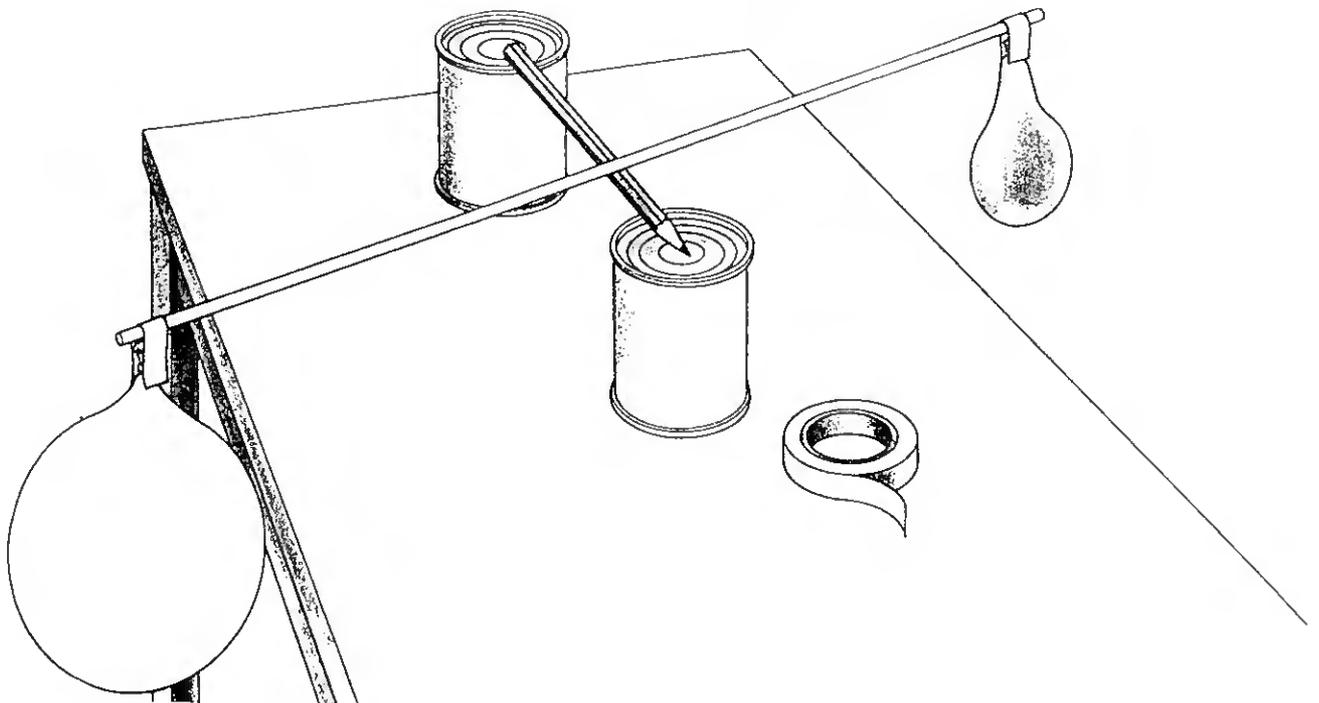


Ilustrações de duas actividades realizadas na aula nº 5

“O copo mágico”
(in Walpole, 1991)

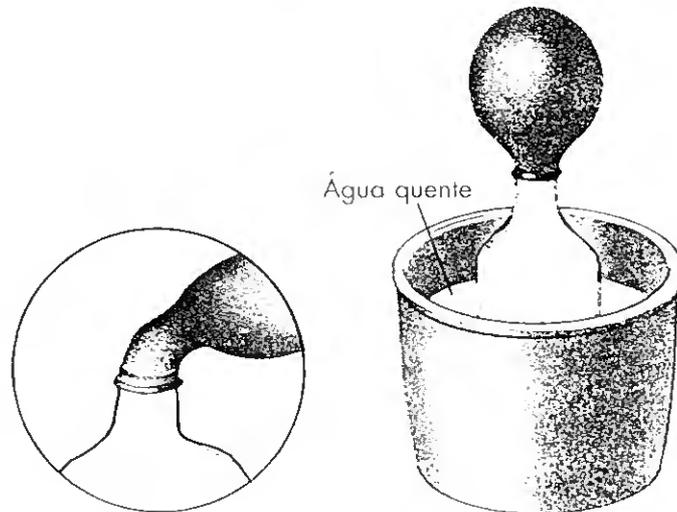


“Pesar o ar”
(in Walpole, 1991)

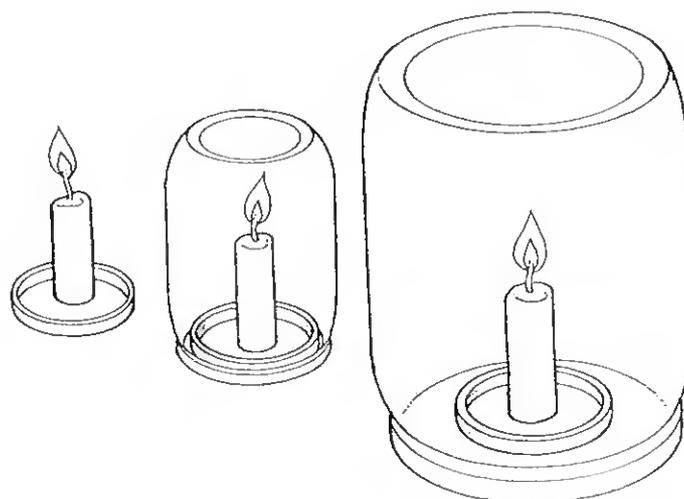


Ilustrações de duas actividades realizadas na aula nº 6

“Investigar o ar quente”
(in Walpole, 1991)



“Corrida das três velas”
(in Walpole, 1991)



Análise da interacção Professor/Aluno(s)

Aula nº: _____ Turma: _____ Observador: _____

Grelha de análise I - Razão Perguntas abertas / Perguntas fechadas

Duração do segmento analisado: _____
Nº de perguntas fechadas: _____
Nº de perguntas abertas: _____
Nº total de perguntas: _____
Razão: $\frac{\text{Perguntas abertas}}{\text{Perguntas fechadas}}$: _____

Grelha de análise II - Estratégia de questionamento (HRASE)

<u>Categorias de questões:</u>
Questões de “história” : _____
Questões de “relações” : _____
Questões de “aplicação” : _____
Questões de “especulação” : _____
Questões de “explicação” : _____

Grelha de análise III - Tempo ocupado na interacção

Duração da interacção: _____
Tempo ocupado pelo professor (TP): _____
Tempo ocupado pelos alunos (TA): _____
Razão: $\frac{TA}{TP}$: _____

Relatório realizado na 1ª aula

Experiência 1:

Materiais: um recipiente grande com água e 1 copo.

Procedimento: A professora de Ciências da Natureza mergulhou um copo invertido no recipiente grande com água.

Observação: Quando o copo mergulhou na água, observou-se algumas bolhas.

Explicação: Mais tarde, descobrimos que essas bolhas eram bolhas de ar. Quando o copo mergulhou na água e foi mesmo ao fundo, não ficou com água no interior mesmo que tivesse uma pequena abertura porque a força do ar "combateu" a água e não a deixou entrar.

Conclusão: O ar tem força e ocupa espaço.

Experiência 2:

Materiais: um recipiente grande com água e dois copos.

Procedimento: A professora mergulhou um copo invertido no recipiente. Depois mergulhou outro copo na vertical no recipiente. A seguir ~~após~~ os copos encostados um ao outro pela abertura.

Observação: Estas bolhas eram bolhas de ar. Ao encostar os copos, o ar (bolhas) do copo invertido passou para o na vertical (nem tubo). No copo na vertical entrou água e a passou para o outro copo.

Conclusão: Em certas alturas, o ar muda de sítio.

Experiência 3:

Materiais: um recipiente grande, um copo e um papel.

Procedimento: A professora amarrava um papel e ~~pôlo~~ no fundo de um copo, muito bem posto, e depois pôs o copo invertido na água.

Explicação: O papel estava seco porque o copo tinha ar e o ar não deixou a água entrar, mesmo que o copo tivesse uma pequena abertura.

Conclusão: A mesma da primeira experiência: o ar tem força e ocupa espaço.

Relatório realizado na 2ª aula

Relatório

1. Problema: Será que o ar ocupa espaço?

2. Hipótese:

Montagem A - a água vai entrando e o ar sair

Montagem B - O ar e a água vão sair pelo mesmo sítio e isso

Montagem C - Vai demorar mais tempo a sair porque ^{dificulta a saída do ar} ambos entram e saem pelo mesmo sítio.

3. Material: 3 provetas, 3 funis, 1 matraz, goma adesiva, água

Procedimento: despejámos 15 ou 20 ml de água nas provetas com uma matraz com 200 ml de água. Na proveta (A) despejámos água com velocidade normal, na proveta (B) que estava isolada com goma adesiva despejámos água com uma velocidade normal e na proveta (C) que também está isolada despejámos água devagar.

5. Observação

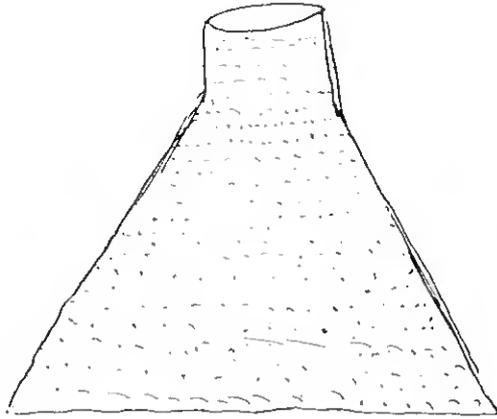
Montagem A: À medida que a água entrava o ar saía.

Montagem B: A água entrou até 5 ou 6 ml e o resto ficou retido no funil

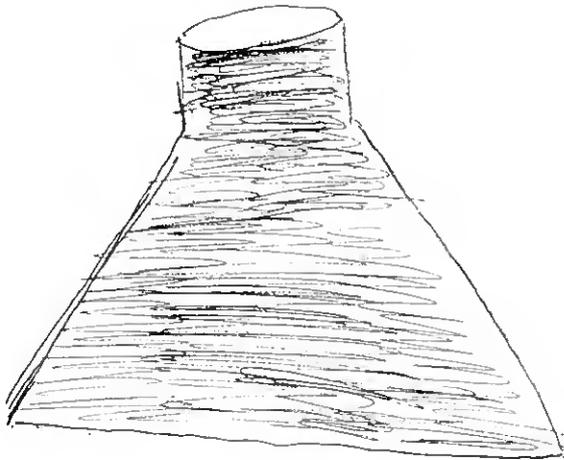
Montagem C: A água só entrou até 3 ml e o resto ficou no funil

6. Conclusão: O ar ocupa espaço

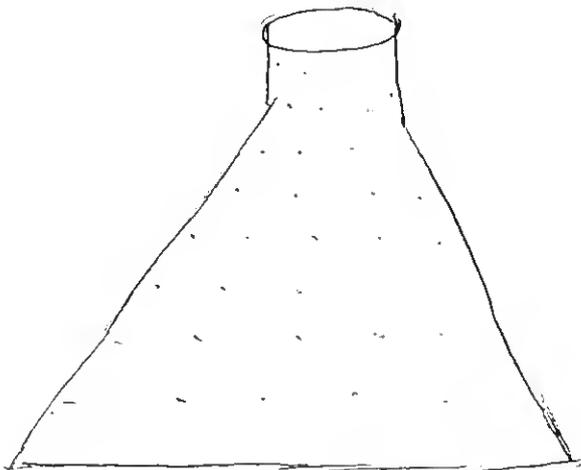
Esquemas desenhados na 3ª aula



1ª situação



2ª situação



3ª situação

Esquemas realizados na 4ª aula

1ª FASE INICIAL



2ª FASE FINAL

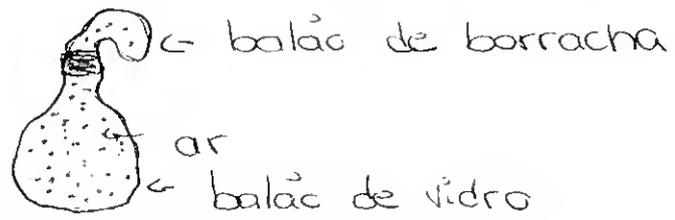


- 1- Na fase final a quantidade de ar é igual.
- 2- Na fase final o volume é menor
- 3- Na fase final a pressão do ar é maior.

Esquemas realizados na 5ª aula

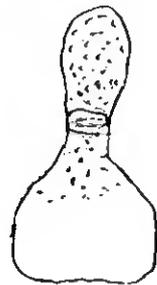
Esquema:

1



Esquema:

2



Mapa de conceitos realizado após a sequência de ensino

