

Marta Luisa Moreira de Miranda

CONSTITUIÇÃO E ESTRUTURA DA MATÉRIA

Uma abordagem construtivista



Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Maio de 2001

Dissertação, confida de acordo
com as instruções de Arquette,
Doutora Nara Isabel Rivas
Narhins.

Nara de Souza Ribeiro
18/julho/2001

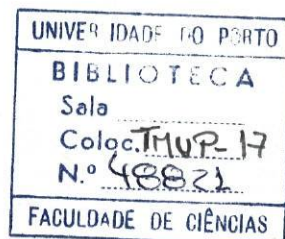
Marta Luisa Moreira de Miranda

CONSTITUIÇÃO E ESTRUTURA DA MATÉRIA

Uma abordagem construtivista



Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
para obtenção do grau de Mestre em Química Para o Ensino



Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Maio de 2001

D.R. 19-07-02

À minha filha

Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos Professores, Doutor Duarte Costa Pereira e Doutor Manuel João Monte, manifesto o meu mais sincero agradecimento e apreço pela disponibilidade manifestada na prestação de uma valiosa orientação crítica, por todo o apoio concedido, pelos materiais postos à disposição e pelos incentivos dirigidos durante a supervisão do trabalho.

À Professora Doutora Gabriela Ribeiro, pela disponibilidade manifestada, pelo apoio concedido e pela concessão de inúmeros artigos, teses e revistas que em muito contribuíram para a realização de todo o trabalho de investigação.

À Professora Doutora Isabel Martins, da Universidade de Aveiro, pela disponibilidade manifestada na prestação de uma valiosa ajuda na consulta de bibliografia.

Ao Professor Adriano Sampaio, Mestre em Física Para o Ensino, pela amizade e dedicação, pelos ensinamentos, pela disponibilidade que sempre manifestou, assim como pelos materiais postos à disposição.

Aos Professores, Doutora Joan Solomon e Doutor Roger Maskill, pela frutuosa discussão de ideias, pelos ensinamentos e pelas críticas que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos alunos das turmas C, D e E do 8º ano da Escola Básica de Santa Marinha que, ao dedicarem-se com bastante entusiasmo à realização das tarefas que lhes foram propostas, tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos meus pais, irmã e marido, pelo encorajamento e, sobretudo, pela compreensão manifestada em momentos mais difíceis.

RESUMO

Um problema que preocupa desde há algum tempo a nossa sociedade é a questão do insucesso do ensino, insucesso esse que está patente a todos os níveis e que traduz uma inadequação da escola à realidade do nosso tempo. Efectivamente, as contínuas alterações que se verificam na nossa sociedade, quer a nível social quer tecnológico, exigem da escola uma adaptação que passa pela alteração da forma como esta encara o ensino das Ciências. Nesse sentido, novas metodologias de ensino têm de ser adoptadas.

No presente estudo foi levada a cabo uma metodologia de ensino consistente com os princípios do construtivismo, em que foram privilegiadas estratégias facilitadoras do desenvolvimento conceptual dos alunos, nomeadamente o trabalho experimental, o trabalho em grupo e a discussão oral de ideias, sendo um objectivo deste estudo a verificação da eficácia da mesma em termos da evolução/ reestruturação das concepções alternativas dos alunos. A opção por tal metodologia teve por base a ideia cada vez mais aceite de que o modelo de ensino tradicional, embora ainda muito utilizado, não se apresenta, em inúmeras situações, como o mais adequado, uma vez que desvaloriza as dimensões emocionais e pessoais do desenvolvimento cognitivo, não oferecendo grande espaço à livre expressão dos alunos e à sua participação activa nas tarefas de ensino. Assim, um outro objectivo deste estudo era procurar concluir acerca da vantagem da metodologia de ensino em estudo em relação às metodologias “tradicionais” em termos dos desempenhos dos alunos em situações posteriores à implementação das mesmas.

A amostra seleccionada para o trabalho de investigação foi uma turma do 8º ano de escolaridade, constituída por 19 alunos, com idades compreendidas entre os 13 e os 15 anos.

Embora a metodologia de ensino em estudo tivesse como suporte o trabalho experimental, foi sobretudo com base na discussão oral de ideias em grupos de trabalho que esta se desenrolou. Assim, foram realizadas sete actividades experimentais em relação às quais os alunos, trabalhando em grupos, tiveram de manifestar as suas ideias, ideias essas que eram apresentadas à turma e sujeitas a discussão.

Para efeitos de recolha de dados, foram utilizados, a par da observação directa, um questionário de conhecimentos, administrado antes e depois da implementação da metodologia de ensino em estudo, e fichas onde os alunos registavam as suas ideias em relação às sete actividades experimentais que foram realizadas.

A análise dos resultados assim obtidos permitiu concluir que (1) A maioria dos alunos possui, após o ensino formal do tema em estudo numa perspectiva “tradicional” da aprendizagem, concepções alternativas que utiliza na explicação de fenómenos relacionados com o tema em estudo; (2) A aplicação de estratégias de ensino que assentam numa perspectiva construtivista da aprendizagem, nomeadamente estratégias onde se valoriza a discussão oral de ideias, o trabalho de grupo e o trabalho experimental, produz resultados bastante razoáveis no que respeita à aquisição de novas ideias e à reestruturação cognitiva; (3) Os alunos que inicialmente apresentavam mais dificuldades de aprendizagem foram os que mais beneficiaram com a implementação da metodologia em estudo. No entanto, a diferença de desempenhos entre “bons” e “maus” alunos após a metodologia de ensino em estudo ter sido implementada não é, aparentemente, muito significativa; (4) A metodologia de ensino implementada apresenta-se como uma alternativa às metodologias tradicionais, uma vez que conduziu a bons resultados, quer no que respeita ao aproveitamento escolar, quer em termos do interesse manifestado pelos alunos que resultou no seu grande envolvimento nas actividades levadas a cabo; (5) As concepções alternativas mais frequentemente manifestadas pelos alunos envolvidos no estudo são semelhantes e muitas vezes coincidentes com as concepções alternativas já diagnosticadas noutros trabalhos de investigação, o que reflecte o carácter universal de tais concepções; (6) As concepções alternativas são resistentes à mudança, persistindo mesmo após a utilização de estratégias de ensino que as considerem.

Com base nas conclusões estabelecidas, considerou-se ser de grande importância uma consciencialização dos professores para a problemática das concepções alternativas, devendo estes rever o modo como estão a transmitir os diferentes conceitos aos alunos, e talvez reformular as suas estratégias/ técnicas de ensino, criando ambientes de trabalho diferentes, que dêem lugar à discussão aberta de ideias. Também se considerou ser necessária uma revisão dos programas de ensino já que estes, sendo muito extensos, não permitem por em prática metodologias de ensino onde a participação activa dos alunos esteja presente e onde se dê tempo aos mesmos para se familiarizarem com os conceitos em estudo.

ABSTRACT

A problem that worries our society for a long time is the question about school-insuccess, which is patent at all levels and shows a school unsuitability to the reality of our time. In effect, the continuous alterations that happen in our society, either at a social level or technological, demand an adaptation of the school that goes through a change of the way people face science teaching. In that way, new teaching methodologies must be adopted.

In this study, it was used a teaching methodology consistent with constructivism principles, where strategies facilitators of pupils conceptual development were privileged, namely the experimental work, the group work and the oral discussion of ideas, being a purpose of this study the verification of the validity of the same based on the evolution/ restructuring of the alternative conceptions of the pupils. The option for such methodology was related to the idea, more and more accepted, that the traditional model of teaching, although still much used, doesn't present, in numberless situations, as the most appropriate, since this one devaluates the emotional and personal dimensions of cognitive development, not giving no much space to pupils free-expression and to their active participation in school tasks. Thus, another aim of this study was to try to conclude about the superiority of the teaching methodology in study in relation to the traditional ones based on the pupils performances in situations after the implementation of such methodologies.

The sample selected for the investigation work was an eight degree group, composed of 19 pupils, with ages comprised between 13 and 15 years old.

Although the teaching methodology in study had as support the experimental work, it was especially developed on the discussion of ideas in working groups. Thus, seven experimental activities were done in which pupils, working in groups, had to show their ideas, and these were presented to school group and subjected to discussion.

For data gathering, it was used, not only the direct observation, but also a knowledge questionnaire, handed before and after the implementation of the teaching methodology in study, and files where pupils registered their ideas related to the seven experimental activities that were carried out.

The analysis of the results obtained allowed us to conclude that (1) The majority of the pupils hold, after the formal teaching of the subject in study in a "traditional" view of learning process, alternative conceptions that they use on explaining phenomena related to the subject

in study; (2) The application of teaching strategies that take for granted a constructivist view of learning, namely strategies where the oral discussion of ideas, the group work and the experimental work take place, produce very reasonable results in respect to the acquisition of new ideas and to the cognitive restructuring; (3) The students who showed more difficulties in learning at the beginning were the ones who benefited more with the implementation of the methodology in study. However, the difference of performances between “good” and “bad” students, after the teaching methodology in study has been implemented, is not apparently very significant; (4) The teaching methodology implemented shows up as an option to the traditional methodologies, since it led to good results, not only in school achievement but also in interest showed by the students that resulted in their great involvement with the used activities; (5) The alternative conceptions more frequently manifested by pupils involved in the study are similar and often coincident with the alternative conceptions found in other investigational works, which reflects the universality of such conceptions; (6) The alternative conceptions are resistant to change, persisting even after the use of teaching strategies that consider them.

Having in mind the conclusions established, it was considered of great importance the consciousness of teachers to the problematic of alternative conceptions and those should revise the way they are teaching the different concepts to students and maybe restructure the strategies/ techniques of teaching, creating different environments of work which give place to the open discussion of ideas. It was also considered to be necessary a revision of the teaching programmes, since these ones, being too long, don't allow to put in practice the teaching methodologies where the active participation of pupils would be present and where is given time for them to familiarize with the concepts in study.

RÉSUMÉ

Un problème qui préoccupe depuis quelque temps notre société est la question de l'échec de l'enseignement, qui se révèle à tous les niveaux et qui traduit l'inadéquation de l'école à la réalité de notre temps. En effet, les changements continuels de notre société, soit au niveau social, soit technologique, demandent à l'école une adaptation qui passe par le changement de la façon dont on envisage l'enseignement des Sciences. Dans ce sens, de nouvelles méthodologies d'enseignement doivent être adoptées.

Dans cette étude, on a utilisé une méthodologie d'enseignement en accord avec les principes du constructivisme, en privilégiant des stratégies facilitant le développement conceptuel des élèves, notamment le travail expérimental, le travail en groupe et la discussion orale d'idées, l'objectif de cette étude étant la vérification de l'efficacité de la méthodologie utilisée, en ce qui concerne l'évolution/ restructuration des conceptions alternatives des élèves. L'option pour telle méthodologie a eu comme base l'idée de plus en plus acceptée que le modèle d'enseignement traditionnel, encore très utilisé, n'est pas, dans plusieurs situations, le plus adéquat, car il dévalorise les aspects émotionnels et personnel du développement cognitif, n'offrant pas beaucoup d'espace à la libre expression des élèves et à leur participation active aux tâches de l'enseignement. De cette façon, un autre objectif de cette étude était essayer de parvenir à une conclusion concernant la supériorité de la méthodologie utilisée par rapport aux méthodologies « traditionnelles », en ce qui concerne les performances des élèves dans des situations postérieures à leur implémentation.

L'échantillon sélectionnée pour le travail de recherche a été une classe de la huitième année composé de 19 élèves âgés entre 13 et 15 ans.

Même si la méthodologie d'enseignement en étude avait comme support le travail expérimental, elle s'est surtout développée avec la discussion orale d'idées. Ainsi, on a réalisé sept activités expérimentales par rapport auxquelles les élèves, travaillant en groupes, ont dû exposer leurs idées, qui étaient présentées à la classe et discutées.

Pour le recueil de données, on a utilisé, en même temps que l'observation directe, un questionnaire de connaissances, avant et après l'implémentation de la méthodologie d'enseignement en étude, et des fiches où les élèves devraient noter leurs idées par rapport aux sept activités expérimentales qui ont été réalisées. L'analyse des résultats ainsi obtenus a permis de conclure que (1) La majorité des élèves possède, après l'enseignement formel du

sujet en étude dans une perspective « traditionnelle » de l'apprentissage, des conceptions alternatives qu'il utilise dans l'explication des phénomènes qui ont un rapport avec le sujet en étude ; (2) L'application de stratégies d'enseignement basées sur une perspective constructiviste de l'apprentissage, notamment des stratégies où l'on met en valeur la discussion orale d'idées, le travail en groupe et le travail expérimental, produit des résultats assez satisfaisants en ce qui concerne l'acquisition de nouvelles idées et la restructuration cognitive ; (3) Les élèves qui au début présentaient plus des difficultés d'apprentissage ont été ceux qui ont le plus bénéficié avec l'implémentation de la méthodologie en étude. Cependant, la différence de performances entre « bons » et « mauvais » élèves après l'implémentation de la méthodologie d'enseignement en étude n'est pas, apparemment, très significative ; (4) La méthodologie d'enseignement implémentée se présente comme une alternative aux méthodologies traditionnelles, car elle a conduit à de bons résultats, soit en ce qui concerne le succès scolaire, soit en ce qui respecte à l'intérêt manifesté par les élèves qui a eu comme résultat leur grande participation aux activités ; (5) Les conceptions alternatives les plus fréquemment manifestées par les élèves sont semblables et coïncident parfois avec les conceptions alternatives déjà diagnostiquées dans d'autres travaux de recherche, ce qui reflète leur caractère universel ; (6) Les conceptions alternatives résistent au changement, persistant même après l'utilisation de stratégies d'enseignement qui les considèrent.

Partant des conclusions établies, on a considéré très importante rendre conscient les professeurs pour la problématique des conceptions alternatives, devant ceux-ci revoir la façon comme ils sont en train de transmettre les différents concepts aux élèves, et peut-être reformuler leurs stratégies/ techniques d'enseignement, créant des ambiances de travail différentes, où la discussion ouverte d'idées puisse avoir lieu. On a aussi considéré nécessaire une révision des programmes car ceux-ci, étant trop vastes, ne permettent pas l'utilisation de méthodologies d'enseignement où la participation active des élèves soit présente et où ils aient du temps pour se familiariser avec les concepts en étude.

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	6
RÉSUMÉ	8
LISTA DE FIGURAS	16
LISTA DE TABELAS	17
 <u>Capítulo 1 -</u> <u>Introdução</u>	 <u>20</u>
 1.1. Contextualização do estudo	 21
1.2. Incidência do estudo	22
1.2.1. Definição do problema em investigação	22
1.2.2. Selecção do tema químico	22
1.2.3. Selecção de conteúdos	22
1.2.4. Escolha do nível de escolaridade dos alunos	23
1.3. Hipóteses	24
1.4. Objectivos do estudo	24
1.5. Importância do estudo	25
1.6. Limitações do estudo	25
1.7. Organização geral da dissertação	27
 <u>Capítulo 2 -</u> <u>Fundamentação teórica</u>	 <u>28</u>
 2.1. Introdução	 29
2.2. Concepções alternativas	30
2.2.1. O construtivismo e as concepções alternativas	30
2.2.2. Limitações dos estudos sobre concepções alternativas	31
2.2.3. Terminologia	32
2.2.4. Obstáculos pedagógicos	34
2.2.5. Características das concepções alternativas	35
2.2.6. Origem das concepções alternativas	36
2.2.7. Conhecimento científico e conhecimento comum	38
2.2.8. Modelos de mudança conceptual	39
2.2.9. Estratégias de mudança conceptual	41

2.3. Trabalho experimental, trabalho em grupo e discussão oral de ideias como meios de promoção conceptual	42
Trabalho experimental	42
Discussão	46
Trabalho em grupo	48
Exemplos de investigações	50
2.4. Trabalhos publicados sobre concepções alternativas relacionadas com o tema “Constituição e estrutura da matéria”.	53
2.4.1. Introdução	53
2.4.2. Os materiais e as “partículas” que os constituem	54
2.4.3. “Partículas” e o estado gasoso	58
2.4.4. “Partículas” e mudanças de estado	61
2.4.5. Conservação da massa nas transformações físicas	64
2.4.6. “Partículas” e o fenómeno da dissolução	67
2.4.7. “Partículas” e o conceito de densidade	71
2.4.8. “Partículas” em reacções químicas	72
 Capítulo 3 - Quadro conceptual	 76
 3.1. Introdução	 77
3.2. Actividade experimental 1	77
Descontinuidade da matéria. O átomo	78
Teoria cinético-corpúscular	79
Dissolução – Teoria da “interacção”	80
3.3. Ficha de trabalho	86
Transições de fase	86
Diagramas de fases	88
Evaporação e condensação	89
Ebulição	90
Solidificação e fusão	91
Sublimação e cristalização	91
3.4. Actividade experimental 2	92
Diagrama de fases da água	94
Naftaleno	95

3.5. Actividade experimental 3A	96
Temperatura x Espaços intercorpúsculares	97
Volume x Espaços intercorpúsculares	97
3.6. Actividade experimental 3B	97
Pressão x Espaços intercorpúsculares	98
3.7. Actividade experimental 3C	98
Constituição da matéria x Espaços intercorpúsculares	99
3.8. Actividade experimental 3D	99
Estado físico x Espaços intercorpúsculares	99
Conservação da massa nas transformações físicas	100
3.9. Actividade experimental 4	100
Densidade	101
Factores de que depende a densidade de um material	101
 <u>Capítulo 4 - Metodologia da investigação</u>	 <u>103</u>
4.1. Introdução	104
4.2. Caracterização das amostras	104
4.3. Descrição dos estudos	105
4.3.1. Estudo piloto	105
4.3.2. Estudo principal	107
4.4. Metodologia de ensino em estudo	109
4.5. Recolha de dados	111
4.6. Conteúdos abordados no estudo	115
4.7. Tratamento e análise de dados	117
 <u>Capítulo 5 - Apresentação, análise e discussão de resultados</u>	 <u>120</u>
5.1. Introdução	121
5.2. Questionários	121
5.2.1. Análise quantitativa	122
5.2.2. Análise qualitativa	127

5.3. Fichas de controlo	140
5.3.1. Actividade experimental 1	142
5.3.2. Actividade experimental 2	144
5.3.3. Actividade experimental 3A	147
5.3.4. Actividade experimental 3B	149
5.3.5. Actividade experimental 3C	150
5.3.6. Actividade experimental 3D	152
5.3.7. Actividade experimental 4	154
5.4. Discussão de resultados	156
5.4.1. Questionários	157
5.4.2. Fichas de controlo	161
 <u>Capítulo 6 - Conclusões, implicações educacionais e sugestões para futuras investigações</u>	 <u>165</u>
 6.1. Introdução	 166
6.2. Conclusões	166
6.3. Implicações educacionais	168
6.4. Sugestões para futuras investigações	169
 <u>Bibliografia</u>	 <u>171</u>
 <u>Anexos</u>	 <u>182</u>
 Anexo 1 - Questionário piloto	 184
Anexo 2 - Questionário experimental (pré e pós-testes)	188
Anexo 3 - Ficha de controlo	192
Anexo 4 - Protocolos experimentais	194
Anexo 5 - Ficha de trabalho “Mudanças de estado”	202
Anexo 6 – Cálculos necessários ao teste estatístico <i>t de Student</i>	204
Anexo 7 – Tabelas de resultados (questionários e fichas de controlo)	207

Listas de figuras e tabelas

LISTA DE FIGURAS

3.1 – Formação de ligações por ponte de hidrogénio na água.	82
3.2 – Dímero de ácido acético.	83
3.3 – Ligações, por pontes de hidrogénio, entre bases emparelhadas da cadeia de ADN.	83
3.4 – Dois isómeros de fórmula molecular C_5H_{12} – Pentano e dimetilpropano.	85
3.5 – Diagrama de fases de uma substância pura.	88
3.6 – Diagrama de fases da água.	94
3.7 – Fórmula de estrutura do naftaleno	95
5.1 – Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste e apresentação da respectiva recta de regressão linear.	124

LISTA DE TABELAS

2.1 – Designações atribuídas às representações dos alunos face a problemas de ordem científica.	32
3.1 – Designação das transições de fase.	87
3.2. – Valores de temperatura do ponto triplo e correspondentes pressões de vapor da água e do naftaleno.	93
3.3 – Valores experimentais de pressões de vapor do Naftaleno.	96
4.1 – Etapas do estudo principal e respectiva calendarização.	107
4.2 – Relação, em termos de conteúdo científico abrangido, entre actividades experimentais (AE), questionários e ficha de trabalho.	116
5.1. – Constituição dos grupos de trabalho.	121
5.2 – Classificações (em pontos) obtidas pelos alunos nos questionários.	123
5.3 – Ganhos de aprendizagem.	125
5.4 – Simbologia usada nas tabelas de resultados.	127
5.5 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE1 para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	142
5.6 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE1.	144

5.7 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE2 para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	144
5.8 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE2.	146
5.9 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE3A para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	147
5.10 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE3A.	148
5.11 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE3B para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	149
5.12 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE3B.	150
5.13 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE3C para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	151
5.14 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE3C.	152
5.15 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE3D para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	153

5.16 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE3D.	153
5.17 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE4 para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.	154
5.18 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à AE4.	155
5.19 – Distribuição percentual das ideias manifestadas pelos alunos no total das respostas aos questionários (pré e pós-testes).	157
5.20 – Principais CA's manifestadas pelos alunos nos questionários.	159
5.21 – Frequência das ideias manifestadas pelos grupos de trabalho no total das fichas de controlo e distribuição percentual de tais ideias nas diferentes situações de aprendizagem.	162

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Contextualização do estudo

Este estudo encontra-se integrado numa importante linha de investigação em Didáctica das Ciências designada por Movimento das Concepções Alternativas (MCA). Radicado na epistemologia construtivista, o MCA foi fortemente influenciado pelos estudos realizados por Piaget, Ausubel, Vigotsky, G. Kelly, Bachelard, Kuhn, Popper e outros notáveis epistemólogos e psicólogos. Nesses estudos, ficou evidenciado que as concepções alternativas dos alunos, isto é, as concepções construídas por cada aluno a partir das informações por ele recolhidas e que diferem das ideias consideradas correctas do ponto de vista científico, influenciam grandemente o processo de aprendizagem, no sentido em que condicionam a observação e interpretação de fenómenos. Assim, no campo da investigação em educação, as concepções alternativas dos alunos assumem um papel muito importante, sendo que ignorá-las constituirá uma das principais causas de insucesso escolar. Por este motivo, continuam a ser realizados inúmeros estudos no âmbito do MCA, a maior parte dos quais limitando-se a identificar e caracterizar as concepções dos alunos, com o objectivo de obter ampla informação que possa guiar os professores na construção do seu ensino. No entanto, há já alguns trabalhos em que, após o diagnóstico das concepções alternativas dos alunos, se elabora e põe em prática um determinado tipo de instrução específica que visa a evolução das mesmas, sendo a eficácia dessa estratégia de ensino avaliada em função dos resultados obtidos. Tal estratégia tem por base o modelo construtivista da aprendizagem que encara o aluno como um sujeito activo que procura interpretar os fenómenos e construir novas ideias partindo dos seus conhecimentos prévios.

No presente trabalho, por se considerar que a simples inventariação e descrição de concepções alternativas poderia conduzir apenas a uma situação de conformismo e pessimismo, o que não contribuiria grandemente para a mudança do estado do ensino, optou-se precisamente por, após diagnóstico das concepções alternativas dos alunos, utilizar um determinado tipo de instrução específica que as considerasse e onde o aluno tivesse um papel activo na sua promoção, sendo que a eficácia de tal metodologia de ensino será avaliada através da análise dos resultados obtidos em termos da evolução conceptual dos alunos.

1.2. Incidência do estudo

1.2.1. Definição do problema em investigação

Para este trabalho de investigação definiu-se o seguinte problema: “Que resultados produz, em termos do tratamento das concepções alternativas, a aplicação de uma metodologia de ensino consistente com os princípios do construtivismo e que privilegia o trabalho experimental, o trabalho em grupo e a discussão oral de ideias?”.

1.2.2. Selecção do tema químico

A escolha do tema químico “Constituição e estrutura da matéria” teve por base os seguintes factores:

1. Está incluído nos programas de Química dos 8º e 9º anos de escolaridade, sendo abordado também nos restantes anos curriculares;
2. Tem importância noutras áreas disciplinares, nomeadamente Ciências da Natureza, Biologia e Física;
3. É um tema com manifestas dificuldades de aprendizagem e em relação ao qual são inúmeras as concepções alternativas já diagnosticadas em diferentes estudos;
4. Pertence a uma área temática em que os fenómenos associados estão relacionados com o quotidiano dos alunos, sendo que os diferentes significados, científicos e do dia a dia, podem colidir.

1.2.3. Selecção de conteúdos

Sendo o tema “Constituição e estrutura da matéria” bastante abrangente, houve necessidade de seleccionar os conteúdos a incluir no estudo, caso contrário este tornar-se-ia demasiado longo e moroso, não sendo mesmo possível a sua execução, dada a extensão do

programa de Ciências Físico-Químicas. Assim, optou-se por seleccionar os conteúdos em relação aos quais os alunos que fizeram parte do estudo haviam, durante as aulas ditas “tradicionais”, demonstrado ter mais dificuldades. Assim sendo, o estudo incidiu, sobretudo, nas relações entre as grandezas físicas temperatura, volume e pressão, em termos de espaços intercorpúsculares, agitação corpuscular e mudanças de estado, ou seja, foi bastante explorado o tópico “ligações intermoleculares”. Também foi abordada a questão da densidade (ou massa volúmica), para além de ter sido feita uma pequena referência a questões relativas à conservação da massa nas mudanças de estado.

1.2.4. Escolha do nível de escolaridade dos alunos

Embora este tema seja indirectamente abordado nas aulas de diferentes áreas disciplinares, sendo que essa abordagem é feita inicialmente nas aulas de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade, é nas aulas da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 8º ano de escolaridade que o tema em estudo é formalmente abordado pela primeira vez, sendo depois abordado, nas aulas da mesma disciplina, desde o 9º até ao 11º ano de escolaridade. Também é abordado nas aulas de Química do 12º ano e, ainda, nos cursos de ensino superior que incluem a Química no seu plano curricular.

Para o presente estudo, optou-se por trabalhar com alunos do 8º ano de escolaridade pelos motivos a seguir indicados:

- Vários investigadores concluíram que algumas das concepções alternativas diagnosticadas em alunos dos ensinos secundário e superior poderão ter origem em dificuldades anteriores ou serem uma extensão das concepções alternativas já existentes, daí a importância atribuída a um estudo que incidisse sobre alunos do ensino básico;
- Pretendia-se investigar as ideias de alunos que tivessem o menor número de conhecimentos na área da Química, daí a opção por alunos do 8º ano de escolaridade em vez de alunos do 9º ano.

Será importante salientar que a autora deste trabalho era a professora de todas as turmas envolvidas no estudo, o que se considerou ser um factor muito importante, pois assim havia um conhecimento mais aprofundado dos alunos, quer em termos pessoais, quer do ponto de vista do seu aproveitamento escolar na disciplina de Ciências Físico-Químicas, para além de ser mais fácil para os alunos a aceitação da metodologia por mudança conceptual levada a cabo. Também, e de acordo com a metodologia usada, era importante garantir que a primeira leccionação do tema fosse de acordo com o modelo de aquisição de conceitos, sendo ainda necessário ter um conhecimento preciso dos conteúdos abordados antes da investigação, para que esta pudesse ser planificada de acordo com esses mesmos conteúdos.

1.3. Hipóteses

Com base na literatura e de acordo com a própria experiência da autora como professora, foram formuladas as seguintes hipóteses:

1. Os alunos do 8º ano de escolaridade utilizam, na interpretação dos fenómenos observados, concepções alternativas;
2. A evolução/ reestruturação das concepções alternativas dos alunos é possível por aplicação de estratégias de ensino/ aprendizagem que as considerem.

1.4. Objectivos do estudo

Os objectivos estabelecidos para este trabalho de investigação foram os seguintes:

1. Avaliar, em termos da evolução/ reestruturação das concepções alternativas dos alunos, a eficácia da metodologia de ensino implementada;

2. Comparar a eficácia da metodologia de ensino em estudo com a de uma metodologia “tradicional”, em termos dos desempenhos dos alunos em situações posteriores à implementação das mesmas;
3. Definir possíveis implicações educacionais decorrentes das conclusões deste estudo.

1.5. Importância do estudo

Embora tenham já sido realizados inúmeros trabalhos de investigação à luz do MCA, a maior parte limita-se, como já se disse, a procurar identificar e descrever concepções alternativas, sendo escassos os estudos de intervenção pedagógica com vista à mudança conceptual. Assim, reveste-se de grande importância um estudo como este, não só porque contribui para o aumento do conhecimento acerca das concepções alternativas dos alunos sobre “Constituição e estrutura da matéria”, mas também porque constitui um estudo que poderá permitir a promoção da qualidade da aprendizagem dos conteúdos envolvidos, no sentido em que, se a metodologia de ensino implementada se revelar eficaz, esta constituirá como que um guia para os professores na construção do seu ensino. Também o tema em estudo se revela de grande importância pelos factores já descritos na subsecção 1.2.2.

1.6. Limitações do estudo

Sendo várias as limitações a que esteve sujeito o presente estudo, passa-se a descrever aquelas que foram consideradas mais importantes:

- **Dimensão da amostra** – dado o reduzido número de alunos intervenientes no estudo, não é possível uma generalização dos resultados obtidos;

➤ **Método de análise de resultados** – apesar do método utilizado (descrito na secção 4.6) ser apoiado por diversos autores, ele apresenta como principal limitação o facto de a formação de categorias de resposta ser discutível devido às ideias do analista desempenharem um papel fundamental na interpretação dos dados;

➤ **Meios técnicos** – tendo em conta a estratégia implementada, a falta de um laboratório de Química devidamente equipado revelou-se como uma das principais limitações deste estudo, no sentido em que originou alguma insatisfação nos alunos por não poderem realizar todas as actividades experimentais (ver cap. 4, subsecção 4.4.2 - explicação da forma como foram realizadas as actividades experimentais), o que levou a que estes não se mostrassem, inicialmente, tão receptivos quanto se esperava. Assim, os resultados obtidos poderão ter sido influenciados negativamente por este factor;

➤ **Questões de ordem temporal e metodológica** – o desenvolvimento deste trabalho foi condicionado, não só pelo ritmo de aprendizagem dos alunos envolvidos no estudo, mas também pela extensão do programa do 8º ano de Ciências Físico-Químicas, e ainda pela metodologia levada a cabo. No que respeita à metodologia, era necessário deixar passar algum tempo entre a administração do pré-teste e a implementação da metodologia de ensino em estudo, para evitar quaisquer efeitos de memória que pudessem falsear os resultados da investigação, conduzindo à falsa crença na metodologia de ensino implementada. Assim, esta deveria ser levada a cabo no terceiro período, tal como aconteceu, apesar do cansaço dos alunos e a euforia do final de ano poderem ter tido alguma influência nos resultados obtidos. Devido ao ritmo (lento) de aprendizagem dos alunos, à extensão do programa do 8º ano e à pretensão de o cumprir, pouco foi, no entanto, o tempo que restou para a implementação da metodologia em estudo. Também o facto de os alunos saberem que os resultados deste estudo não teriam qualquer efeito na sua avaliação final poderá ter influenciado os resultados.

1.7. Organização geral da dissertação

O texto desta dissertação encontra-se estruturado em seis capítulos.

No primeiro capítulo, que termina com esta secção, começa-se por fazer o enquadramento teórico do estudo, na tentativa de justificar trabalhos desta natureza e procura-se definir o problema em investigação. Também se procura justificar a importância do conteúdo programático seleccionado e apresentar as hipóteses e os objectivos do estudo e as suas limitações.

No segundo capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica deste trabalho. Esta teve por base a revisão de literatura específica relacionada com a problemática das concepções alternativas e serviu de apoio ao estabelecimento das hipóteses e dos objectivos do presente trabalho e à definição de estratégias que conduzissem à mudança conceptual. Algumas dessas estratégias, nomeadamente as utilizadas neste estudo, são então discutidas, sendo apresentados trabalhos onde foram utilizadas técnicas semelhantes. São também apresentados e discutidos os resultados obtidos em alguns trabalhos de investigação sobre concepções alternativas em relação ao tema “Constituição e estrutura da matéria”.

No terceiro capítulo, faz-se uma breve desenvolvimento dos tópicos em estudo por se considerar ser muito importante a existência de um suporte teórico de apoio à actividade dos professores. De salientar que, porque o tema em estudo envolve alguns conceitos que à partida seriam inacessíveis a alunos da faixa etária dos envolvidos neste estudo, foi necessário fazer uma selecção dos conteúdos a administrar.

No quarto capítulo, após caracterização das amostras envolvidas no estudo, descreve-se a metodologia da investigação, incluindo-se a descrição de algumas técnicas de investigação e a justificação das técnicas utilizadas. Os conteúdos abordados no estudo são então apresentados, seguindo-se a descrição dos métodos utilizados no tratamento e análise dos resultados obtidos.

No quinto capítulo, faz-se a apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos através dos diferentes instrumentos de recolha de dados utilizados.

No sexto e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões a tirar da realização do trabalho, discutindo-se algumas implicações delas decorrentes para o processo de ensino-aprendizagem, sendo ainda apresentadas algumas sugestões para futuras investigações.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

“As pessoas não compreenderão algo apenas porque lhes foi mostrado que é verdadeiro. Temos de situar-nos no seu ponto de vista e fazê-los progredir a partir daí”.

Wittgenstein, 1953

2.1. Introdução

Neste capítulo faz-se uma apresentação resumida da literatura revista e que serviu de apoio ao desenvolvimento deste estudo, fundamentando as hipóteses e os objectivos formulados, bem como a base metodológica de todo o estudo. Assim, começa-se por discutir, na secção 2.2, a problemática das concepções alternativas no âmbito do ensino das ciências, destacando-se a importância da adopção, por parte dos professores, de uma perspectiva construtivista da aprendizagem. São apresentados alguns estudos que relatam a influência das concepções alternativas no processo de ensino-aprendizagem, o que realça a importância de estudos como o presente no sentido de procurar formas de ultrapassar ou, pelo menos, minimizar a influência de tais concepções. Também são apresentados os modelos de mudança conceptual existentes, e sugeridos por diversos autores, e é discutida a questão da implementação de estratégias de ensino visando a reestruturação conceptual. As estratégias então referidas estiveram, portanto, na base da escolha das estratégias de ensino levadas a cabo no presente trabalho. Assim, e tendo em conta que neste trabalho foram utilizadas como principais estratégias o trabalho experimental, o trabalho em grupo e a discussão oral de ideias, desenvolve-se, na secção 2.3, a questão da formação de grupos de discussão como meio de promoção da mudança conceptual e discute-se a importância do trabalho experimental nas aulas de ciências, sendo apresentados alguns exemplos de investigações. Por fim (secção 2.4), faz-se referência a diversos trabalhos publicados sobre o tema “Constituição e estrutura da matéria”, na linha de investigação sobre concepções alternativas, sendo apresentados e discutidos os resultados obtidos em tais trabalhos. As concepções alternativas aí apresentadas constituíram uma referência muito importante para o presente trabalho, em especial no que respeita à elaboração do questionário.

2.2. *Concepções alternativas*

2.2.1. O construtivismo e as concepções alternativas

Existem duas perspectivas acerca da natureza do conhecimento, a objectivista (ou positivista) e a construtivista.

De acordo com a *perspectiva objectivista*, o conhecimento é considerado como constituído por verdades a que os seres humanos têm acesso, sendo o papel do professor o de mero transmissor de conhecimentos e o do aluno o de receptor passivo dessa mesma informação. O conhecimento é, então, encarado como um dado adquirido, estabelecido e transmissível.

Pelo contrário, segundo a *perspectiva construtivista* da aprendizagem, o conhecimento é visto como algo pessoal, sendo os alunos encarados como construtores do seu próprio conhecimento em função da sua experiência. A aprendizagem constitui, assim, um processo social mediante o qual os alunos constroem significados que são influenciados pela interacção das suas concepções prévias com as novas situações de aprendizagem que lhes são apresentadas na sala de aula. Segundo esta perspectiva, será função do ensino proporcionar experiências relevantes e oportunidades de diálogo que façam emergir a construção de significados. Tal como referem Giordan e De Vecchi (1987) “o aluno não é um saco vazio que possamos encher de conhecimentos e ainda menos um objecto de cera conservando na sua memória registos que nós modelamos” (p. 66). Também Osborne e Wittrock (1983) são da opinião que o cérebro não deve ser visto como uma “tábua rasa”, receptora passiva de informação, mas sim como um construtor activo da sua própria interpretação da informação que «ignora alguma informação e atende selectivamente a outra» (p. 492). Neste sentido, a aprendizagem deve ser encarada como uma mudança ou reestruturação das concepções prévias dos alunos (Garnett et al, 1995). Assim, de acordo com a perspectiva construtivista da aprendizagem, aprender significa construir/ reconstruir conhecimentos, tendo por base os conhecimentos prévios.

Ainda de acordo com a perspectiva construtivista, as concepções prévias dos alunos, frequentemente designadas por “concepções erradas” por se oporem às ideias cientificamente aceites, revestem-se de uma enorme importância, sendo imprescindível, para a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, tomá-las em consideração. Sendo várias as designações atribuídas às concepções prévias dos alunos, tal como se refere na subsecção 2.2.3, optou-se,

neste trabalho, pelo uso da designação “concepção alternativa” por se considerar que esta não reflecte qualquer juízo de correcção das concepções, e também porque esta designação reforça a ideia de que tais concepções não constituem conceitos científicos, mas sim alternativas aos mesmos.

Dada a enorme importância atribuída às concepções alternativas, é cada vez maior o número de trabalhos publicados sobre tais concepções, em diversas áreas de ensino. As pesquisas realizadas visam, sobretudo, investigar as concepções alternativas dos alunos não apenas antes do ensino formal, mas também durante e após o mesmo. No entanto, são também alvo de estudo as concepções veiculadas por projectos curriculares, por livros e por professores. Aliás, estes últimos estudos referidos revelam-se de extrema importância, sobretudo aqueles realizados com professores, uma vez que estes são os que maior influência poderão ter sobre a aprendizagem dos alunos. De qualquer forma, as concepções alternativas dos alunos são geralmente apontadas como as variáveis mais significativas no ensino das ciências uma vez que “as crianças desenvolvem ideias sobre o seu mundo, desenvolvem significados para as palavras usadas em ciência e desenvolvem estratégias para obterem explicações sobre o “como” e o “porquê” dos fenómenos, muito antes da ciência lhes ser formalmente ensinada” (Osborne & Wittrock, 1983). Assim, ignorar tais concepções será uma das principais causas da ineficácia da acção educativa.

2.2.2. Limitações dos estudos sobre concepções alternativas

Apesar deste campo de investigação se encontrar já bastante desenvolvido, a bibliografia aponta algumas limitações aos estudos realizados, nomeadamente no que respeita ao domínio da filosofia de investigação e à respectiva metodologia.

Em relação à filosofia de investigação, alguns autores consideram os estudos sobre concepções alternativas reducionistas no sentido em que se dá demasiada ênfase às concepções alternativas como causa do insucesso do processo de ensino-aprendizagem, sendo negligenciados outros factores tais como os de ordem psicológica e afectiva. Nesta linha de pensamento encontra-se Andersson (1986) que refere ser necessário haver um conhecimento geral da forma como os alunos aprendem, não devendo as concepções alternativas ser os únicos aspectos a considerar aquando do processo de ensino-aprendizagem. Também

McClelland (1984) considera que os problemas verificados no ensino resultam muito mais da atitude dos alunos em relação à ciência do que propriamente das suas concepções alternativas.

A indecisão sobre a metodologia mais correcta está relacionada, sobretudo, com o facto de não haver um acordo geral quanto aos métodos de recolha e tratamento de dados utilizados, ao enquadramento teórico dos resultados e ao encaminhamento das conclusões tiradas (Gilbert e Watts, 1983).

2.2.3. Terminologia

Os diferentes autores dos estudos sobre as concepções prévias dos alunos, porque se posicionam em diferentes quadros conceptuais, interpretam de formas variadas a origem e a natureza de tais concepções. Consequentemente, são várias as designações atribuídas às *representações*¹ dos alunos (ver Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Designações atribuídas às representações dos alunos face a problemas de ordem científica (Santos, 1998)

Designações que sugerem a origem das representações	Representação espontânea Representação intuitiva Representação social Versão privada Conhecimento privado Conhecimento do senso comum Modelo espontâneo Raciocínio espontâneo Ideias não tutoradas
Designações que focalizam a anterioridade das representações (no tempo e na precisão) relativamente aos conceitos científicos	Representação inicial Preconcepção (<i>preconception</i>)
Designação que sugere a generalidade do seu uso para dar sentido a corpos relativamente amplos do conhecimento	Visão prototípica
Designações que enfatizam a natureza accidental, defeituosa, evitável, imatura ou errada de tais representações. Referem-se, também, à assimilação incorrecta de modelos formais	Concepção errada (<i>misconception</i>) Compreensão errada (<i>misunderstanding</i>)
Designações que sugerem diferenças qualitativas entre as representações do aluno e os conceitos científicos.	Concepção alternativa Estrutura alternativa (<i>alternative framework</i>)
Designações que sugerem a organização e coordenação dos elementos cognitivos da representação. As representações são consideradas construções solidárias de uma estrutura	Estrutura conceptual (<i>conceptual framework</i>) Estrutura alternativa Sistema de crenças Mini-teoria Esquema conceptual Paradigma do aluno
Designação que sugere que todos somos uma espécie de cientistas ao procurar o “como” e o “porquê” das coisas	Ciência da criança

¹ Representação – ideia ou associação de ideias acerca de um fenómeno, de um simples conceito ou de uma teoria, que cada pessoa ou uma comunidade constrói a partir de informações recolhidas.

A análise da tabela 2.1 permite constatar que algumas das designações apresentadas têm *conotação negativa*, sendo as concepções prévias dos alunos vistas como imperfeições do seu sistema cognitivo, evitáveis e facilmente modificáveis através de um ensino formal bem estruturado. Neste sentido, estas apresentam-se como uma barreira ao avanço do processo de construção/ reconstrução do conhecimento, sendo uma das principais causas de estagnação e mesmo de regressão. Funcionam como «barreiras internas do saber ao saber» (Santos, 1998), constituindo assim os obstáculos epistemológicos inventariados por Bachelard em “La formation de l’esprit scientifique” e descritos na subsecção 2.2.4. No entanto, outras designações têm *conotação positiva*. Neste sentido, as concepções prévias dos alunos podem ser encaradas como construções internas de carácter provisório, indispensáveis à construção progressiva dos conceitos – *perspectiva construtivista-interaccionista dos conceitos*. Nesta perspectiva, os alunos são encarados como construtores do seu próprio conhecimento através da interacção estabelecida entre as suas próprias crenças e experiências do dia a dia, e a informação com que são confrontados na sala de aula. Desta forma, a situação do professor como possuidor autocrático do conhecimento e do aluno como um “sujeito informativo”, isto é, receptor passivo de saberes constituídos (perspectiva “behaviourista” do processo de ensino/ aprendizagem), é substituída pela do professor encarado como facilitador da construção dos conhecimentos dos alunos, que cria oportunidades e incentivos para que esse processo de construção ocorra, sendo o aluno encarado como um “sujeito interpretativo”, ou seja, aquele que decifra o saber de acordo com as suas ideias, crenças e sistemas de valores (perspectiva construtivista). De acordo com Bachelard (em Santos, 1998), não há, na ciência, verdades iniciais – o conhecimento não sai da ignorância. Assim, e segundo Santos (1998), ao invés de se considerar as concepções alternativas como «imperfeições no sistema cognitivo do aluno, afirmações gratuitas sem qualquer esforço de pensamento, formas irrelevantes, evitáveis e desinteressantes de compreensão», há que encará-las como «erros positivos, normais e úteis; erros que traduzem um notório esforço de pensamento; erros que são explicações pessoais estruturadas, inevitáveis e complexas, com valor positivo no processo activo de construção do conhecimento», sendo que o erro funciona como um patamar para a verdade através da sua rectificação (p. 134). Usando as palavras de Bachelard (1938), citado por Santos (1998, p. 133), «Não há verdade sem erro rectificado» (p. 239). Neste sentido, as concepções dos alunos constituem uma condição necessária ao desenvolvimento cognitivo e à aquisição do saber racional.

2.2.4. Obstáculos pedagógicos

Apesar dos inúmeros esforços de renovação, a actual educação científica continua a apresentar graves lacunas. Este estado crítico do ensino científico resulta da existência de obstáculos que se opõem à apropriação do saber. Para grande parte dos epistemólogos racionalistas contemporâneos, esses obstáculos são, sobretudo, externos, ou seja, *obstáculos de ordem estrutural*, dos quais se pode destacar:

- Ensino em massa, de alunos muito diferentes, que conduz a uma atitude do professor cambaleante entre o laxismo e o autoritarismo;
- Reformas de ensino concebidas por pessoas que não têm uma relação directa com os alunos ou com a ciência;
- Falta de recursos;
- Insuficiente número de horas dedicadas às ciências, não só devido aos extensos programas existentes, mas também devido à inflação do saber científico;
- Insuficiente ou, por vezes, inexistente formação de professores, tanto ao nível de conteúdos específicos da disciplina que lecciona, como no plano da didáctica e da pedagogia gerais.

No entanto, Santos (1998) refere que Bachelard (1938) considera que os principais obstáculos são internos, isto é, situados no inconsciente científico. Esses obstáculos, designados por Bachelard de *obstáculos epistemológicos*, são “conhecimentos subjectivos, essencialmente do foro afectivo, que entram o conhecimento objectivo. Dizem respeito a aspectos intuitivos, imediatos e sensíveis, a experiências iniciais, a relações imaginárias, a conhecimentos gerais, unitários e pragmáticos, a perspectivas filosóficas empiristas, realistas, substancialistas e animistas, a interesses, hábitos e opiniões de base afectiva, etc. São erros investidos de tal energia psíquica que se tornam tenazes e resistentes a toda a mudança, sendo «causa de estagnação e mesmo de regressão»” (Santos, p. 136). Pode-se destacar, então, os seguintes *obstáculos epistemológicos*:

- A *experiência primeira, pitoresca, fácil, concreta*, que desvia a atenção dos alunos (e cientistas) dos aspectos não observáveis, ou seja, da procura do “porquê” dos fenómenos. Segundo Bachelard, no ensino elementar, as experiências muito vivas, muito imaginativas, são centros de falso interesse;

- O *conhecimento geral* (*pensamento holístico, unitário*) que, além de vago - o que conduz a uma ciência superficial - é imobilizador do pensamento, no sentido em que as pessoas deixam de se questionar sobre os aspectos particulares de cada fenómeno;
- O *obstáculo verbal*, que está relacionado com o uso desajustado de imagens, analogias e metáforas, quando, na prática pedagógica, tendem a reforçar e/ ou fazer regredir as concepções alternativas resultantes do imaginário infantil;
- O *conhecimento pragmático*, que se traduz na procura do carácter utilitário de um fenómeno e que faz com que os alunos, desde que encontrem uma aplicação prática para um determinado conceito, o considerem perfeitamente definido;
- O *obstáculo animista*, que se traduz numa tendência para atribuir vida a objectos inanimados, conduzindo a representações que constituem obstáculo à compreensão dos fenómenos.

2.2.5. Características das concepções alternativas

Apesar das divergências quanto à origem e natureza das diferentes concepções alternativas diagnosticadas nos trabalhos de investigação, estas apresentam características comuns, sendo que algumas das mais importantes, descritas por Ribeiro (1990) e por Santos (1998), se apresentam a seguir:

- 1- **São pessoais**, i.e., são construções feitas pelo próprio indivíduo de acordo com a sua maneira de ver o mundo e a si próprio;
- 2- **São em número limitado**, i.e., existe um número limitado de concepções alternativas importantes acerca de cada tópico científico (de acordo com os estudos realizados), sendo que é possível descrever grupos de concepções alternativas;
- 3- **Têm carácter universal**, i.e., são do mesmo tipo, ou mesmo iguais, as ideias encontradas em estudos semelhantes realizados com alunos de diferentes nacionalidades e de diferentes níveis escolares, exceptuando-se os casos em que existem diferenças culturais acentuadas;

4- **São esquemas dotados de uma certa coerência interna**, i.e., os alunos não constroem as suas concepções ao acaso, mas sim no prolongamento de concepções iniciais encaradas como coerentes e lógicas. De acordo com Nussbaum (1979), o aluno pode dar à sua informação um sentido racional e até sofisticado, que no entanto é diferente daquele que é aceite;

5- **São resistentes à mudança**, i.e., mesmo quando as concepções alternativas não se mostram consistentes com determinados resultados experimentais ou com as explicações do professor, elas persistem, mesmo após o ensino formal, o que dificulta a aquisição dos conceitos científicos. Segundo Bachelard (1938), referenciado por Santos (1998), é bem difícil desembaraçar o espírito científico da sua primeira filosofia, da sua filosofia natural (empirismo ingénuo). No entanto, estudos realizados revelam que a mudança conceptual é conseguida quando se usa um ensino deliberadamente estruturado para se confrontar com as ideias alternativas dos alunos;

6- **Têm carácter regressivo**, i.e., quando há uma mudança de contexto, as mesmas concepções alternativas voltam a surgir, mesmo depois de os alunos, em situações escolares, terem dado provas de as terem ultrapassado;

7- **São esquemas pouco consistentes**, i.e., as crianças não se apercebem de que algumas das suas ideias podem ser contraditórias, e então, usam diferentes concepções na explicação de situações semelhantes, e concepções iguais para explicar situações diferentes, ou seja, as crianças não têm grande preocupação com a consistência mútua das suas ideias.

2.2.6. Origem das concepções alternativas

São muitos os factores que influenciam a forma de pensar dos indivíduos e que estarão na origem da existência das concepções alternativas. Dada a multiplicidade desses factores e o facto de alguns poderem ainda ser desconhecidos, passa-se a enumerar apenas aqueles que com mais frequência foram referidos na literatura como sendo os principais responsáveis pela existência de tais concepções. Assim, e de acordo com vários estudos realizados em torno

desta problemática, alguns dos factores que terão influência na formação de concepções alternativas são os seguintes:

(A) A nível individual e social:

1) *Experiências perceptuais* – As crianças passam diariamente por experiências relacionadas com fenómenos naturais em relação aos quais procuram, por si mesmas, encontrar explicações, formando, assim, uma imagem intuitiva de como as coisas são. Desta forma, ao procurarem compreender os fenómenos observados, as crianças acabam por formar concepções alternativas;

2) *Experiências linguísticas* – A linguagem de uso corrente e, em particular, a linguagem metafórica, poderão influenciar o aparecimento das concepções alternativas (Sutton, 1982b). Sutton (1981), citado por Ribeiro (1990), refere que, muitas vezes, os alunos não interpretam correctamente aquilo que é dito pelos professores, atribuindo significados diferentes aos fenómenos em estudo, o que poderá resultar do facto de as palavras terem diferentes conotações, conforme o contexto, e da incapacidade dos alunos em restringirem esses diferentes significados das palavras ao contexto científico. Também as metáforas, utilizadas pelos professores na procura da compreensão, por parte dos alunos, de determinados termos e conceitos, poderão conduzir à formação de concepções alternativas, caso não seja feita uma clara distinção entre o modelo científico e o exemplo utilizado.

3) *Ensino informal* – A informação recebida pelos alunos através da televisão, rádio, revistas, museus, etc., e também aquela que surge das explicações que lhes são fornecidas pelos pais e por outras pessoas, pode conduzir ao surgimento de concepções alternativas, em especial quando essa informação colide com as explicações científicas dos fenómenos.

(B) A nível do ensino formal:

De acordo com a literatura, muitos professores têm concepções alternativas acerca de determinados tópicos científicos. Também, e de acordo com Hashweh (1988), citado por Ribeiro (1990), alguns manuais escolares apresentam concepções alternativas. Assim, as ideias veiculadas pelos professores e pelos manuais escolares poderão ser consideradas um importante veículo na formação de concepções alternativas por parte dos alunos. Também os métodos de abordagem dos diferentes temas a leccionar poderão conduzir à formação de concepções alternativas.

2.2.7. Conhecimento científico e conhecimento comum

O conhecimento conceptual do aluno resulta, como já se disse, da interacção entre o conhecimento comum (concepções alternativas) e o conhecimento científico. Embora estes dois tipos de conhecimento possam convergir em alguns aspectos, noutros divergem significativamente. Assim, e uma vez que a função da educação em ciência é a de modificar a atitude dos alunos, procurando que estes pensem em termos científicos, será importante conhecer as principais diferenças entre estes dois tipos de pensamento, para que se possa esclarecer quais as características das concepções alternativas que poderão constituir “barreiras” à sua substituição por ideias cientificamente correctas. Assim, o *conhecimento comum* constrói-se numa lógica de atributos. De acordo com Moreno e Moreno (1988), os alunos consideram, normalmente, os aspectos relacionados com as propriedades e/ ou qualidades dos objectos em estudo, não ponderando as interacções entre os elementos relacionados com o fenómeno; as explicações dos fenómenos são dadas com base num raciocínio causal linear. As explicações são pessoais, geralmente de natureza afectiva, e têm um «campo de aplicação bastante restrito e contextual» (Santos, 1998, p. 118). Clough e Driver (1986) referem que o conhecimento comum é um conhecimento inconsistente e muito baseado num contexto, pois quando os alunos se vêem confrontados com diferentes situações que implicam o mesmo conceito científico, respondem de formas diferentes. A linguagem utilizada é imprecisa. Pelo contrário, o *conhecimento científico* constrói-se numa lógica de relações, i.e., sendo o mundo bastante complexo e não tendo a mente humana capacidade de o compreender completamente no seu todo, a função do conhecimento científico é a de procurar

simplicar o mundo, dividindo e classificando os fenómenos observados, para depois definir relações sistemáticas entre eles. É uma construção socializada, que não se limita a problemas confinados a determinados contextos; é generalizável. É um conhecimento que tende para a abstracção matemática, sendo utilizada uma linguagem específica.

2.2.8. Modelos de mudança conceptual

Embora haja investigadores que defendam que as concepções alternativas não devem constituir uma preocupação pedagógica, sendo defensores de modelos de aprendizagem por aquisição conceptual (modelos tradicionais), a maioria considera necessário modificá-las, ou seja, são a favor de modelos de aprendizagem por mudança conceptual. Nestes, considera-se que a apropriação dos conceitos científicos é estreitamente determinada pelas concepções alternativas, sendo o pensamento formal condição necessária, mas não suficiente, para a apropriação de tais conceitos (Santos, 1998). Neste sentido, as concepções alternativas devem ser entendidas como fundamentais à construção do conhecimento científico, devendo ser sempre consideradas tanto no processo de ensino-aprendizagem, como na formação dos professores e na organização dos currículos.

Os modelos de aprendizagem por mudança conceptual radicam numa perspectiva construtivista que defende caber aos alunos a construção/ reconstrução do conhecimento através de reestruturações sucessivas. Assim, ao contrário dos modelos de aquisição conceptual, fortemente influenciados por teorias psicológicas “behaviouristas” e por epistemologias empiristas, os modelos de mudança conceptual foram influenciados por teorias psicológicas cognitivistas e assentam em epistemologias racionalistas construtivistas.

Pode-se considerar a existência de dois *modelos de mudança conceptual*:

1 – Modelos de *captura* (Santos, 1998 e Hewson, 1981) ou *assimilação* (Posner et al., 1982) conceptual – baseados numa epistemologia racionalista continuísta, que considera a ciência como «um tipo de conhecimento que cresce continuamente de forma unívoca» (Santos, 1998, p. 178), são aplicáveis quando as representações dos alunos não diferem qualitativamente dos conceitos científicos. Os novos conceitos são construídos na continuação dos anteriores, devendo-se procurar estabelecer relações entre os dois;

2 – Modelos de troca (Santos, 1998 e Hewson, 1981), reestruturação (Driver, 1986) ou acomodação (Posner et al., 1982) conceptual – aplicáveis quando as representações dos alunos são significativamente diferentes dos conceitos científicos. Os novos conceitos são introduzidos após a criação de um conflito cognitivo que provoque uma insatisfação em relação às ideias perfilhadas, permitindo a aceitação de novas ideias (Posner et al, 1982; Giordan e Vecchi, 1987).

Independentemente da forma como a mudança conceptual é concebida (captura ou troca conceptual), há convergência no seguinte:

- é necessário partir das concepções prévias dos alunos;
- é necessária a ocorrência de mudança conceptual;
- é necessário que, na mudança conceptual, o aluno desempenhe um papel activo.

Tendo em conta uma das características das concepções alternativas que é a resistência à mudança, o modelo que se apresenta como o mais eficaz para a promoção do desaparecimento de tais concepções é o da troca conceptual. No entanto, e embora vários autores (por exemplo, Dreyfus et al., 1990; Nussbaum e Novick, 1982; Posner et al., 1982) salientem a importância da criação do conflito cognitivo no processo de mudança conceptual, considerando que só assim os alunos se apercebem da necessidade de os “substituir” ou “reorganizar”, Dreyfus et al. (1990) referem que as estratégias baseadas no conflito cognitivo nem sempre são eficazes, pois, ou os alunos não são capazes de atingir o conflito por não se aperceberem da sua existência, ou atingem-no, mas não são capazes de o resolver devido à falta de conhecimentos científicos. Também são referidas por Dreyfus et al. (1990) questões afectivas como causa do insucesso do conflito cognitivo, isto é, os alunos não expõem as suas ideias com medo de serem ridicularizados. Será então função do professor a criação de um clima de ensino baseado no respeito mútuo (Dreyfus et al., 1990) para que todos os alunos se envolvam activamente no processo de aprendizagem (Giordan e Vecchi, 1987; Santos, 1998) e, assim, desenvolvam as suas competências intelectuais e as competências relacionadas com o processo de pesquisa, e ganhem confiança no seu próprio pensamento (Arends, 1995).

2.2.9. Estratégias de mudança conceptual

Cabe aos professores gerar e controlar estratégias de ensino que permitam aos alunos atingir determinados resultados na aprendizagem. Para que tais estratégias possam ser levadas a cabo, os professores devem conhecer à priori as concepções dos alunos em relação às questões a abordar. É também necessário, de acordo com Santos (1998), que os professores ajudem os alunos a tornarem-se conscientes das suas estratégias de aprendizagem (acções e pensamentos), para que possam construir (reconstruir) conceitos, e há que levar os alunos a reflectir sobre os seus métodos de pensamento. Para isso, é necessário recorrer a *estratégias de metacognição*².

Como *estratégias de ensino por captura conceptual*, e sendo o principal objectivo destas o estabelecimento de “pontes” entre as representações iniciais dos alunos e os conceitos científicos a introduzir, apresentam-se como mais importantes: (1) a construção de mapas de conceitos, isto é, de diagramas que relacionam os conceitos mais importantes de um determinado corpo de conhecimentos; (2) o uso de analogias, metáforas e exemplos variados, apresentados segundo uma sequência lógica, que estejam em continuidade com as representações dos alunos; e ainda (3) a realização de trabalhos experimentais que permitam a confirmação de ideias prévias.

No que respeita às *estratégias de ensino por troca conceptual*, em que o que se pretende é a rectificação das concepções alternativas, pode-se referir: (1) a realização de trabalhos experimentais com o objectivo de conduzir à refutação de ideias prévias; (2) o uso de contra-exemplos e ideias discrepantes; (3) a referência a diversos contextos onde as mesmas palavras apresentam diferentes significados; (4) a discussão de todas as respostas dos alunos (certas e erradas); (5) o confronto de ideias (intergrupos e grupos/ turma); etc.

Posner et al. (1982), assim como outros autores, são da opinião de que há quatro condições necessárias para que a mudança por troca conceptual ocorra, as quais se passam a descrever:

² Metacognição – conhecimento do modo como o conhecimento se contrói.

- Deve haver insatisfação em relação às concepções existentes, pois, só no caso das suas concepções se mostrarem ineficazes na resolução de anomalias e problemas, é que as pessoas se dispõem a mudá-las;
- A nova concepção deve ser inteligível, ou seja, passível de representação coerente por parte do aluno. Para isso, é necessário que o aluno compreenda os termos e símbolos que a compõem, e também as relações entre eles;
- A nova concepção deve ser credível, isto é, coerente com as concepções que o aluno tem do mundo e capaz de solucionar problemas que as anteriores concepções não eram capazes;
- As novas concepções devem ser frutíferas no sentido de permitirem a resolução de novos problemas e de permitir novas abordagens em diferentes áreas de investigação.

2.3. Trabalho experimental, trabalho em grupo e discussão oral de ideias como meios de promoção conceptual

Trabalho experimental

Há mais de cem anos que o trabalho experimental está presente na educação em ciências, sendo que já em 1882, e segundo Hodson (1994), o Departamento Educacional da Inglaterra declarou que a formação científica em ciências deveria ser ministrada principalmente através de actividades experimentais.

Solomon (em Levinson, 1994) defende que o ensino da ciência deve ter lugar num laboratório, para que haja um contacto real com os aspectos da Natureza que estão a ser estudados. Refere ainda que o trabalho experimental é um instrumento muito precioso, se bem utilizado, que pode conduzir a muito bons resultados no que respeita ao processo de ensino-aprendizagem, pois o grande interesse normalmente manifestado pelos alunos em

relação às actividades experimentais, aliado à possibilidade destes manifestarem a sua imaginação, curiosidade e poder de argumentação, podem conduzir a um melhor entendimento das teorias científicas. Solomon salienta que “o ensino não é uma actividade intelectual, quer no campo da educação quer no campo da ciência, mas sim um esforço contínuo para compreender, estimular e satisfazer a curiosidade dos jovens” (p. 19). Assim, mais uma vez Solomon defende o recurso aos trabalhos experimentais considerando que é nos laboratórios de ciências que os professores têm a melhor oportunidade de interpretar a interacção das crianças com a ciência. Ainda em defesa do trabalho experimental, Solomon refere um provérbio, supostamente Chinês, em que se diz: “Eu ouço e esqueço, eu vejo e lembro-me, eu faço e percebo” (p. 15).

DiMarco e Turner (1998) consideram que a principal vantagem do trabalho experimental é a oportunidade que é dada aos alunos para falarem uns com os outros, o que contribui para o desenvolvimento da sua compreensão. Para além disso, consideram que o trabalho experimental se apresenta como um factor de grande motivação nas aulas de ciências, o que é muito positivo no processo de ensino-aprendizagem. De qualquer forma, para que o trabalho experimental conduza a bons resultados em termos de motivação e aprendizagem, os autores consideram ser necessário que os seus objectivos sejam bem definidos e que as actividades experimentais estejam de acordo com as capacidades e conhecimentos dos alunos, pois só assim os mesmos poderão ter uma participação activa aquando da realização e explicação das mesmas. Os autores referem ainda haver estudos que demonstram que a realização de actividades experimentais bem estruturadas, com objectivos bem definidos e onde se dá oportunidade aos alunos para discutirem as suas ideias, no sentido de promover a sua capacidade para pensarem, expondo-os a situações que lhes exigem um grau de raciocínio mais elevado, faz com que os mesmos aprendam com mais facilidade aquilo que se lhes pretende ensinar, consigam aplicar os conhecimentos adquiridos a outras áreas de conhecimento e retenham durante mais tempo aquilo que aprenderam.

Também Cachapuz (1995) se manifesta em relação ao ensino experimental das ciências referindo que, desde que este tenha como princípio orientador o pluralismo metodológico, em vez dos protocolos estereotipados (tipo “livro de receitas”), pode revestir-se de uma grande riqueza educativa. Neste sentido, Cachapuz sugere:

- (i) Situações experimentais com diferentes graus de abertura e, tanto quanto possível, integrando, para além de tarefas pontuais e isoladas, percursos de pesquisa;
- (ii) Uso adequado de “questões para a acção”, i.e., questões que encorajem os alunos a usarem as suas próprias ideias;
- (iii) Exploração do trabalho de grupo como estrutura de aprendizagem cooperativa e de comunicação, envolvendo a negociação de significados, ou seja, explorando a intersubjectividade;
- (iv) Uso do relatório ou descritivo 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, i.e., o relatório como um instrumento de aprendizagem metacognitiva.

Embora Cachapuz (1995) defenda o recurso ao trabalho experimental como meio de promoção conceptual, reconhece que “nem sempre o trabalho experimental é o instrumento mais eficaz para levar a cabo uma dada finalidade educativa” (p. 372), pois o facto de os alunos estarem fisicamente em actividade não é garantia que esta gere conhecimento.

Também Hodson (1994) apresenta algumas críticas ao trabalho experimental, considerando que “o trabalho experimental nas escolas, tal como é organizado actualmente, configura-se como improdutivo, incapaz de justificar a sua existência”. O autor refere que a insatisfação muitas vezes sentida em relação ao trabalho experimental nas escolas deve-se, sobretudo, ao facto de se considerar que o trabalho experimental constitui a solução para todos os problemas de aprendizagem. Hodson faz ainda referência a um trabalho de investigação levado a cabo por Lynch que, ao questionar alguns professores sobre a utilização do trabalho experimental, obteve as seguintes justificações:

- 1) Para motivar, estimulando o interesse;
- 2) Para ensinar técnicas de laboratório;
- 3) Para aumentar a aprendizagem de conceitos científicos;
- 4) Para promover a introdução ao método científico e desenvolver o raciocínio através da sua utilização.

Tais justificações são analisadas criticamente por Hodson. Assim, no que respeita à *motivação*, Hodson considera que nem sempre a motivação dos alunos é aumentada com a realização de trabalhos experimentais, referindo, a título de exemplo, a proposta da *Nuffield*³, nos anos 60, de aumentar substancialmente a quantidade de trabalho experimental, e que não conduziu a nenhuma melhoria da compreensão ou das atitudes dos alunos em relação à ciência. Em relação à *aprendizagem de técnicas de laboratório*, Hodson advoga ser demasiado ambicioso considerar-se que o trabalho experimental promove o desenvolvimento de esquemas básicos essenciais a futuros cientistas e técnicos, até porque isso requereria que os professores previssem o desenvolvimento tecnológico a as necessidades futuras. Também pressupõe que o facto de um aluno saber manusear um determinado material ou aparelho de laboratório não é garantia de que ele seja capaz de utilizar outros materiais ou aparelhos. Assim, conclui que a aquisição de conhecimentos sobre procedimentos laboratoriais poderá não ser transferível para outras situações de laboratório. Quanto à *aprendizagem de conceitos científicos*, Hodson refere que, muitas vezes, os alunos parecem considerar que o principal propósito das actividades experimentais é a aprendizagem de técnicas de laboratório, sendo que frequentemente erram ao relacionar o trabalho de laboratório com outros aspectos da sua aprendizagem. Quando os alunos realizam uma experiência, muitas vezes fazem-no sem compreenderem o objectivo da mesma ou o porquê da escolha de determinado procedimento, sendo que frequentemente têm dificuldade em compreender os conceitos com ela relacionados. Neste sentido, as actividades experimentais apresentam-se como uma perda de tempo. No tocante à *aprendizagem do método científico*, o autor critica a “aprendizagem por descoberta”, tão defendida nos anos 60, como uma forma efectiva de aprender ciências, os seus métodos e procedimentos, argumentando que esta “ignora que possam existir concepções alternativas que podem levar os estudantes a interpretar os fenómenos observados de forma diferente daquela pretendida pelo professor”. Para que um aluno possa realizar uma actividade experimental necessita de um bom suporte teórico, pois só este permite que os objectivos da mesma sejam entendidos.

³ Nuffield – Fundação inglesa que promoveu o desenvolvimento curricular na área das ciências, nos anos 60 e 70, e que se concretizou na produção de programas, elaborados por peritos universitários, que tinham como objectivo o desenvolvimento precoce das capacidades científicas dos alunos.

Discussão

De acordo com Solomon (1998), a discussão tem um papel muito importante na educação em ciências e, embora reconheça ser impossível o estabelecimento de uma “receita” de como ensinar eficazmente, até porque cada professor tem a sua forma/ estilo próprio de ensinar, Solomon considera que ao deixar-se os alunos envolverem-se na discussão dos assuntos em estudo, se pode ter uma ideia do seu grau de interesse pelos mesmos, e também se estes os consideram importantes. É evidente que, o facto de os alunos não se envolverem na discussão de determinados assuntos, não significa que estes não se interessem pelos mesmos. De qualquer forma, a sua não participação de forma activa no desenvolvimento das aulas, que de acordo com diversos autores é extremamente importante para todo o processo de ensino-aprendizagem, apresenta-se como uma grande desvantagem. Aliás, Solomon cita uma frase de um grande filósofo em educação, John Dewey, que aponta exactamente nesse sentido: “Ideas are intermediate in learning, not final”. Efectivamente, algumas ideias necessitam de ser discutidas, assim como muitas ideias necessitam de ser investigadas experimentalmente.

Solomon refere ainda que muitos professores não levam a cabo discussões em grupo argumentando falta de tempo. No entanto, considera que o principal factor responsável por esta situação será o facto de os professores não saberem exactamente em que consiste a discussão e, portanto, não lhe reconhecerem o seu verdadeiro valor.

Segundo Arends (1995), a discussão não é um modelo de ensino unitário, mas sim uma estratégia de ensino que se integra noutros modelos de ensino, e pode ser entendida como uma abordagem de ensino em que:

- É requerida a conversa, tanto do professor como do aluno;
- É esperado que os alunos entrem em diálogo uns com os outros sobre as matérias em estudo;
- É esperado que os professores e alunos pratiquem e apresentem publicamente o seu pensamento.

A discussão é usada na sala de aula, sobretudo quando se pretende que os alunos se envolvam mais activamente no processo de ensino-aprendizagem; sendo que este envolvimento dos alunos, através da discussão, permite (Arends, 1995, p. 424):

- Melhorar o pensamento dos alunos e ajudá-los a construir o seu próprio significado dos conteúdos escolares;
- Promover o empenho dos alunos;
- Ajudar os alunos a aprender competências de comunicação e processos de pensamento importantes.

Brookfield e Preskill (1999) consideram que a discussão é uma parte indispensável na educação democrática, dando-nos a oportunidade de relacionamento com outras pessoas. Na opinião dos autores, a discussão:

- Abre-nos os horizontes e expõe-nos a novos mundos de pensamento e imaginação;
- Desenvolve o gosto pela diferença;
- Melhora o nosso pensamento;
- Apura o nosso conhecimento, a nossa sensibilidade e o nosso gosto pela ambiguidade e pela complexidade;
- Aumenta a agilidade intelectual;
- Desenvolve a capacidade para a comunicação clara de ideias e significados;
- Ajuda a aprender os processos e hábitos de um discurso democrático;
- Aumenta a tolerância e torna-nos mais compreensivos;
- Ajuda-nos a reconhecer e a investigar as nossas pretensões;
- Encoraja-nos a sermos bons ouvintes.

No que respeita a aulas de discussão oral de ideias, e de acordo com Arends (1995), uma forma de aumentar a participação dos alunos na discussão é a formação de pequenos grupos que, após discussão entre eles, apresentam as suas ideias à turma. Esta técnica impedirá que um ou mais membros da turma, normalmente os melhores alunos, dominem a discussão, o que acontece com bastante frequência quando esta é levada a cabo com toda a turma (sem formação de grupos de discussão). De qualquer forma, será necessário ter em conta o número de alunos de cada grupo, já que este pode influenciar a eficácia do mesmo. Não havendo um número óptimo para o tamanho de um grupo, é no entanto de ter em conta que, à medida que o tamanho de um grupo aumenta, a contribuição de cada elemento do grupo diminui. Para além disso, quando os grupos são pequenos as decisões são tomadas mais rapidamente. Para garantir a eficácia de um grupo de trabalho é também necessário que o

professor se certifique do envolvimento de todos os alunos de cada grupo na discussão, para além de constantemente ter que verificar se aquilo que os alunos discutem está relacionado com os temas em estudo. Também será importante ter em conta as características dos elementos de cada grupo, pois, segundo Hind (1994), um grupo trabalhará mais harmoniosamente se os seus elementos tiverem personalidades semelhantes e se não diferirem muito no tocante a características tais como atitudes, motivações, necessidades e temperamentos. No entanto, se todos os elementos de um grupo tiverem as mesmas capacidades, personalidades e características, isso apresentar-se-á como uma desvantagem, uma vez que todos irão encarar da mesma forma os problemas que lhes são apresentados e, então, cada elemento do grupo pouco ou nada ganhará com o trabalho em grupo.

Arends (1995) refere que será também muito importante manter um registo escrito da discussão, à medida que ela se desenrola, pois só assim será possível a sua progressão de forma ordenada. Esse registo poderá ser feito no quadro, na forma de tópicos, ou então, no caso de existência de grupos de trabalho, cada grupo regista as suas ideias numa folha, ideias essas que são depois expostas ao resto da turma e, em seguida, registadas no quadro. O autor considera ainda que o trabalho em grupo pode beneficiar quer os bons quer os maus alunos, uma vez que a orientação fornecida pelos bons alunos aos maus requer um pensamento mais aprofundado acerca das relações e do significado de um conteúdo particular.

Trabalho em grupo

Os modelos de ensino que privilegiam o trabalho de grupo revestem-se de grande importância, uma vez que contemplam metas e objectivos sociais importantes, refutando a ideia de que a aprendizagem escolar, que basicamente consiste na aquisição de informação, processamento dessa mesma informação e aprendizagem de competências, deverá constituir o único objectivo em termos da aprendizagem do aluno. Efectivamente, sendo a vida caracterizada por comunidades globais e interdependentes e por instituições sociais complexas que requerem elevados níveis de cooperação entre os seus membros, o comportamento cooperativo, que segundo vários estudos é mais facilmente conseguido através do trabalho de grupo, deverá constituir um importante objectivo para a educação.

O trabalho em grupo ajuda a promover o comportamento cooperativo e a desenvolver melhores relações grupais entre os alunos, o que poderá conduzir a uma melhor realização escolar, pois, ao contrário dos modelos de aprendizagem competitiva em que o sucesso de um aluno reduz a possibilidade de outros virem a ser bem sucedidos, o que diminui o valor atribuído à aprendizagem escolar, nos modelos de aprendizagem cooperativa os alunos valorizam-se uns aos outros por pertencerem a um mesmo grupo e pelo facto de o sucesso do grupo depender do sucesso de cada um dos seus elementos. Assim, pode-se concluir que a aprendizagem cooperativa tem efeitos bastante positivos no que respeita à realização escolar. A esta mesma conclusão chegou Slavin (referenciado por Arends, 1995) após ter efectuado uma revisão de literatura em que encontrou 45 estudos, realizados entre 1972 e 1986, onde se investigavam os efeitos da aprendizagem cooperativa na realização escolar, e onde verificou que 37 desses 45 estudos revelavam que a aprendizagem cooperativa era mais eficaz que a individual, sendo que nos restantes 8 estudos não tinham sido encontradas diferenças entre os dois modos de ensino. Verificou ainda que nenhum dos estudos havia revelado efeitos negativos da aprendizagem cooperativa.

Ferreira e Morais (1998) descrevem algumas das vantagens do trabalho em grupo, fazendo referência a conclusões de outros investigadores:

- As experiências de aprendizagem cooperativa promovem uma maior aprendizagem do que as experiências de aprendizagem individualísticas;
- Quanto mais difícil é a matéria, maior é a diferença na realização, a favor da aprendizagem cooperativa sobre a competitiva ou individualística (Jonhson e Johnson, 1989);
- Os estudantes trabalham melhor em equipa do que individualmente, sendo que as interacções nos grupos dão a possibilidade de participação a alunos de diferentes capacidades (Cox, 1981);
- A descoberta guiada produz maiores ganhos de conhecimentos do que uma abordagem expositiva, assim como conduz a ganhos de atitudes mais positivas em relação à ciência (Davis, 1979);
- O emprego de técnicas de aprendizagem cooperativa em vez de competitivas ou individualísticas produz maiores ganhos na aquisição de conteúdos, na capacidade de resolução de problemas e na auto-estima dos alunos (Helgeson, 1992, p. 12);

- Quando os alunos trabalham em pequenos grupos são estimulados a alterar as suas ideias e a reconhecer a necessidade de uma reorganização e de uma reconceptualização (Doise e Mugny, 1984, citado em Wheatley, 1991, p. 18);
- Os alunos têm normalmente mais sucesso quando trabalham em grupo do que quando trabalham individualmente (Heller, Keith e Anderson, 1991);
- Em grupo, os alunos têm a possibilidade de partilhar papéis e argumentos e solicitar clarificações e justificações, o que conduz, normalmente, a um melhor desempenho. Daí que, muitas vezes, o trabalho de grupo revele algo mais do que o trabalho do melhor aluno do grupo.

Também Hind (1994) refere algumas vantagens do trabalho em grupo, nomeadamente:

- Os alunos normalmente trabalham melhor em grupo que individualmente, resolvendo tarefas com mais facilidade e com mais eficácia;
- Os grupos oferecem uma espécie de “segurança”; cada aluno sente-se “protegido” quando trabalha com outros;
- Os grupos oferecem algum suporte emocional;
- Pertencer a um grupo dá a um indivíduo algum orgulho, quando aceite, pois é tudo uma questão de estatuto;
- Se um indivíduo faz algo de positivo num grupo, isso aumenta a sua auto-confiança.

Exemplos de investigações

Salustiano e Camargo (1999) realizaram um estudo com o objectivo de analisar a utilização do trabalho em grupo como estratégia metodológica no ensino de ciências. Para isso, estabeleceram grupos de trabalho constituídos por alunos em diferentes níveis de desenvolvimento e, enquanto estes estavam reunidos, foram observados os seguintes aspectos: relacionamento, flexibilidade nas ideias, comportamento face a situações problemáticas e distribuição e organização de tarefas. Concluíram que as actividades em grupo, para além de

conduzirem a uma melhor apropriação do conhecimento, favorecem a socialização, possibilitando a inter-relação do conhecimento adquirido com a vida quotidiana.

Yackel et al. (1990), referenciados por Ferreira e Morais 1998), utilizaram, num estudo que realizaram, um modelo de instrução baseado no trabalho em grupo e na discussão oral de ideias, modelo esse que assentava no pressuposto de que a aprendizagem se dá no contexto social da sala de aula e é grandemente influenciada pelas interações entre os intervenientes nesse contexto. O modelo consistia, então, no seguinte:

1 – O trabalho era desenvolvido em grupo, sendo que as ideias de cada grupo eram posteriormente apresentadas à turma e discutidas por todos os elementos;

2 – O professor não julgava nem avaliava os alunos durante a discussão, nem sequer corrigia aquilo que considerava errado, pondo sim à discussão as ideias apresentadas.

De acordo com os autores, este ambiente será conducente a uma autonomia intelectual, pois as discussões levadas a cabo na turma permitirão aos alunos a construção de explicações para os seus próprios raciocínios, o que produz uma maior compreensão dos conteúdos em estudo.

Ferreira e Morais (1998) realizaram um trabalho de investigação que envolveu 83 alunos de quatro turmas do 6º ano de escolaridade. Esses alunos foram sujeitos a práticas pedagógicas distintas. Assim, em duas das turmas, e num total de 42 alunos, foi privilegiado o trabalho em grupo, enquanto nas outras duas, com 41 alunos no total, todo o trabalho foi realizado individualmente. Em relação aos grupos, estes eram constituídos por quatro ou cinco elementos escolhidos por forma a que o grupo fosse o mais heterogéneo possível, em termos de classe social, sexo, raça e aproveitamento escolar em Ciências. Quanto às práticas pedagógicas, a primeira referida (trabalho em grupo) foi uma prática moderadamente orientada, com o trabalho a ser realizado sempre em grupo. Todas as aulas foram registadas em vídeo e, para além disso, a professora registou por escrito os acontecimentos considerados relevantes tendo em conta a análise de dados posterior. As linhas gerais de actuação foram as seguintes:

- Os problemas colocados aos alunos eram resolvidos sem qualquer consulta de livros ou cadernos e as respostas dos alunos eram registadas numa folha;

- A professora não ajudava na resolução dos problemas, mas incentivava os elementos de cada grupo a resolvê-los;
- Era estipulado um tempo para a resolução de cada problema (tempo esse que por vezes foi prolongado atendendo ao ritmo de trabalho dos diferentes grupos), findo o qual o porta-voz de cada grupo apresentava à turma as suas respostas;
- Após apresentação das respostas por todos os grupos, a professora colocava-as a discussão, solicitando a opinião de cada grupo em relação à correcção das ideias apresentadas;
- No final, após as correcções julgadas necessárias por cada grupo, procedia-se à elaboração de um texto legítimo, sendo que agora a professora já poderia ajudar, caso fosse necessário.

Pelo contrário, a outra prática pedagógica foi altamente orientada, sendo a professora da turma a única responsável pela selecção e organização dos conteúdos, assim como pela sequência da aula. As linhas gerais de actuação desta prática pedagógica foram as seguintes:

- A professora entregava um ficha de trabalho a cada aluno, ficha essa que os alunos deveriam resolver individualmente, sem consulta de livros ou cadernos;
- Findo o tempo estipulado para a resolução da ficha, a professora pedia a dois ou três alunos para apresentarem as suas respostas, dizendo se estas estavam bem ou mal;
- A professora recolhia as fichas de trabalho e mandava os alunos escrever as respostas correctas no caderno, não estabelecendo qualquer ligação com as respostas apresentadas pelos alunos.

As autoras, após análise das respostas fornecidas pelos alunos das diferentes turmas, verificaram que, para os alunos que trabalharam em grupo:

- As médias de classificação eram elevadas, sendo maior o número de respostas correctas para estes alunos;
- O número de respostas em que foram utilizados conhecimentos do senso comum foi muito reduzido;
- Nenhuma questão ficou por resolver.

As autoras realizaram ainda um teste *t de Student* que lhes permitiu concluir ser provável que as melhores classificações obtidas em trabalho de grupo fossem resultado apenas do trabalho do melhor aluno de cada grupo. De qualquer forma, os resultados obtidos não foram muito significativos, daí que seja de admitir que o trabalho de grupo resulta da participação dos seus vários elementos.

Face aos resultados obtidos, as autoras dizem acreditar que serão bastante eficazes na diminuição do insucesso escolar, práticas pedagógicas baseadas no seguinte:

- Trabalho em grupo, com valorização para o diálogo entre alunos;
- Sequência das actividades em que há uma elevada participação dos alunos;
- Aprendizagem sobre a qual os alunos exercem algum controlo;
- Ritmos de aprendizagem mais lentos;
- Forte interligação dos conteúdos abordados com situações do quotidiano dos alunos.

2.4. Trabalhos publicados sobre concepções alternativas relacionadas com o tema “Constituição e estrutura da matéria”.

2.4.1. Introdução

Foram já publicados inúmeros trabalhos, na linha de investigação sobre concepções alternativas, relacionados com o tema “Constituição e estrutura da matéria”, o que é compreensível dada a grande importância deste assunto na aprendizagem da Química e de outras ciências. Os trabalhos publicados visam, sobretudo, a identificação de concepções alternativas (suas origens e características), com o objectivo de definir estratégias aplicáveis na sala de aula que permitam provocar a mudança conceptual nos alunos, sendo também um objectivo desses trabalhos a observação/ análise da evolução das ideias dos alunos, ao longo da sua vida escolar, com a instrução recebida.

Nas subsecções seguintes, faz-se uma breve apresentação de alguns desses trabalhos, sendo que em todos eles o objectivo era investigar as ideias dos alunos, em relação a variados fenómenos, em termos de “partículas” constituintes da matéria, quer em relação às suas características/ constituição, quer em termos do seu comportamento nas diversas situações em estudo. Procurou-se agrupar os diferentes trabalhos de acordo com as ideias neles investigadas. Assim, começa-se por apresentar, na subsecção 2.4.2, trabalhos onde se investigaram as ideias dos alunos acerca da constituição e comportamento dos materiais, em termos das “partículas” constituintes. Na subsecção 2.4.3, apresentam-se estudos relacionados com fenómenos envolvendo gases e na subsecção 2.4.4 são descritos alguns estudos acerca das ideias dos alunos sobre o comportamento das “partículas” nas mudanças de estado. Em seguida, descrevem-se alguns trabalhos sobre conservação da massa em transformações físicas (subsecção 2.4.5), sendo também descritos na subsecção 2.4.6, trabalhos relacionados com o processo de dissolução. São ainda apresentados, na subsecção 2.4.7, alguns trabalhos relacionados com o conceito de densidade em termos de “partículas” constituintes do material. Finalmente, na subsecção 2.4.8, são apresentados trabalhos onde se procurou investigar as ideias dos alunos acerca do comportamento das “partículas” em reacções químicas, pois apesar de nas experiências realizadas neste estudo não estar envolvida nenhuma reacção química, considerou-se serem importantes e relevantes para o presente estudo as concepções alternativas diagnosticadas nesses trabalhos.

2.4.2. Os materiais e as “partículas” que os constituem

Um dos primeiros investigadores em Educação em Ciências a realizar vários estudos relacionados com a constituição e estrutura da matéria, foi Piaget. Um desses estudos foi realizado em 1974 com a colaboração de Inhelder e estava relacionado com o comportamento de diversos materiais em diferentes situações (Piaget & Inhelder, 1974). Assim, os investigadores realizaram entrevistas clínicas a algumas dezenas de crianças entre os 4 e os 12 anos, nas quais lhes iam apresentando variados fenómenos, tais como a dissolução de açúcar em água e a dilatação do mercúrio num termómetro com o aumento da temperatura, fenómenos esses que as crianças teriam de explicar, ou então responder às questões que lhes eram colocadas. Os investigadores verificaram que, apesar de algumas crianças formarem espontaneamente a ideia de que os materiais são constituídos por pequenos

“bocados/ pedaços” ou “partículas”, elas não atribuíam a essas pequenas porções de matéria as características atribuídas pelos cientistas, considerando muitas vezes os “átomos” como “pequenos bocados de sólido” (ou “pequenas gotas de líquido”) que estão parados, são não-uniformes e isentos de forças coesivas. Assim, os investigadores encararam as ideias dos alunos como modelos intermédios na passagem de uma visão contínua da matéria para uma visão científica atomista da mesma.

Algo que se tornou evidente com este e muitos outros estudos realizados, foi que a grande dificuldade dos alunos na compreensão dos fenómenos reside no facto de ser para eles bastante difícil perceber a diferença entre o mundo macroscópico e o microscópico. É devido a esta dificuldade que surgem, da parte dos alunos, muitas concepções erradas, tais como as observadas por Pfundt (1981), num trabalho que realizou, e onde a maioria das crianças considerava que:

- Os átomos são “pedaços” que variam em tamanho e forma, não havendo espaços entre eles;
- Os átomos possuem propriedades iguais às do material de que são constituintes;
- Os átomos de um sólido têm todas ou pelo menos a maior parte das propriedades macroscópicas que eles associam ao sólido;
- Os átomos possuem propriedades tais como dureza, cor, estado físico, temperatura, etc.

Também Griffiths e Preston (1992) procuraram identificar as concepções alternativas, de alunos de 12 anos de idade, relacionadas com a constituição e estrutura da matéria. Para isso, realizaram entrevistas semi-estruturadas a 30 alunos de diferentes áreas científicas de dez escolas do Canadá. Identificaram 52 concepções alternativas relacionadas com os termos “átomo” e “molécula”, tendo verificado que havia alunos que sustentavam ideias semelhantes. Algumas das concepções alternativas observadas foram:

- As moléculas de uma mesma substância têm tamanhos consideravelmente diferentes;
- Quando uma substância química muda de estado físico, as suas moléculas mudam de forma, de tamanho e de peso;

- Os átomos têm vida;
- As moléculas de água são constituídas por duas ou mais esferas sólidas;
- As moléculas de água podem ser constituídas por mais de três átomos diferentes;
- Existe matéria entre os átomos de um elemento puro.

Como se pode verificar, estes investigadores encontraram um número razoável de respostas onde estavam implícitas ideias outrora sustentadas por cientistas, mas há muito abandonadas. Entre essas ideias destaca-se a crença de que “a forma macroscópica de um material é um reflexo das suas formas moleculares”, “a matéria é contínua” e “tudo na Natureza está vivo e tem sentimentos”.

São, sem dúvida, muitas as concepções alternativas dos alunos relacionadas com o tema “constituição e estrutura da matéria”, o que terá com certeza uma grande influência na aprendizagem dos conceitos que lhe estão associados. No entanto, será importante salientar que os estudos realizados revelaram que a percentagem de alunos que apresentam estas e outras concepções alternativas vai diminuindo com a idade. Isto mesmo foi verificado por Holding (1987), num estudo que realizou com cerca de 600 alunos, com idades compreendidas entre os 8 e os 17 anos. Estes tinham de representar o interior de um cristal de açúcar, tendo o investigador obtido os seguintes resultados:

- 20% dos alunos mais velhos (17 anos) ainda tinham uma “visão contínua”, isto é, não consideravam a existência de partículas na sua representação;
- Com o aumento da idade, aumentava a tendência para substituir estruturas desordenadas por outras mais ordenadas;
- Representação de “átomos” uniformes em substituição de outros não-uniformes à medida que a idade dos alunos aumentava;
- Substituição da representação de estruturas não-ligadas por outras ligadas com o aumento da idade.

Holding (1987) investigou ainda as ideias de 100 alunos, entre os 8 e os 17 anos de idade, acerca da dissolução, tendo pedido a cinco desses alunos para colocarem algum açúcar em água e agitarem a mistura até não verem açúcar. Depois, pediu-lhes para desenharem aquilo que eles imaginavam que “estaria ali”. Obteve os seguintes resultados:

- 65% dos alunos desenharam “bocados de açúcar” distribuídos de variadas formas, sem terem desenhado a água. Este tipo de representação incidiu, sobretudo, em alunos de 12 anos;
- 20% dos alunos representaram também uma solução contínua. Esta visão de “ausência de partículas” surgiu, sobretudo, para alunos com idades entre os 10 e os 12 anos;
- As moléculas raramente eram mencionadas pelos alunos mais novos. No entanto, 30% dos alunos de 15 anos e 50% dos de 17 anos referiram-nas, tendo falado em “moléculas de açúcar”. De qualquer forma, apenas metade destes alunos representou também moléculas de água, o que leva a crer que muitos dos alunos mais velhos ainda sustentam a ideia da água como uma substância contínua.

Como se pode verificar pelos resultados obtidos em ambos os estudos levados a cabo por Holding, a frequência com que determinadas concepções alternativas surgem diminui à medida que a idade dos alunos aumenta.

Johnson (1998c) apresentou os resultados de um trabalho de investigação de três anos, no qual acompanhou o desenvolvimento das ideias de 147 alunos com a instrução (do 7º ao 9º ano, ou seja, dos 11 aos 14 anos), tendo realizado entrevistas do tipo clínico a 32 desses alunos com o objectivo de conhecer as suas ideias em relação ao conceito de substância. Apresentou então aos alunos a situação de aquecimento de água, situação essa que estes tinham de procurar explicar em termos de “partículas” constituintes. Os resultados obtidos pelo investigador foram os seguintes:

- 50% dos alunos aceitaram, após instrução, a ideia de que as bolhas observadas durante a ebulição eram “água no estado gasoso”, sendo que quatro (possivelmente cinco) dos alunos já tinham inicialmente essa ideia, mas a um nível macroscópico. A mudança conceptual, para a maior parte dos alunos, não foi resultado de uma descrição macroscópica do aquecimento da água, mas sim uma consequência da introdução das ideias sobre a estrutura da matéria;

- A maior parte dos alunos não tinha, antes da instrução, a ideia de que a água podia surgir no estado gasoso, tendo sido os conceitos acerca da estrutura da matéria que os ajudaram a aceitar essa ideia. De acordo com o investigador, dizer aos alunos que as bolhas observadas são água não é suficiente para os convencer, isto é, os alunos necessitam de algo que sustente tal afirmação. A teoria da estrutura da matéria surge assim como resposta a este problema.

2.4.3. “Partículas” e o estado gasoso

Uma área em que foram realizados muitos estudos diz respeito a fenómenos envolvendo gases. Esses estudos, para além de permitirem investigar as ideias dos alunos acerca de determinados aspectos da estrutura dos gases, permitiram também o desenvolvimento do modelo atómico, daí a sua grande importância e o facto de serem referidos numa subsecção independente.

Um dos primeiros estudos realizados envolvendo o estado gasoso foi o de Novick e Nussbaum (1978). Estes investigadores realizaram uma série de estudos com 150 alunos israelitas, com 13 e 14 anos de idade, seleccionados de forma aleatória em turmas do 8º e 9º anos, tendo procurado conhecer, com esses estudos, as ideias dos alunos acerca da teoria cinética dos gases. Como metodologia de trabalho usaram a entrevista clínica individual, tendo assim chegado aos seguintes resultados:

- Apenas 35% dos alunos entrevistados apresentaram uma visão descontínua da matéria. Os restantes consideravam que, entre as partículas, existiam poeiras, gases, outras partículas, etc.
- Apenas 40% dos alunos entrevistados consideraram como intrínseco o movimento constante das partículas. Os restantes acreditavam que teria de existir um agente exterior, como, por exemplo, o ar, que causasse esse movimento.
- 30% dos alunos não consideraram uma distribuição uniforme das partículas.

Os investigadores concluíram que os aspectos da teoria atómica mais dificilmente aceites pelos alunos eram aqueles que iam contra as ideias que estes já tinham em relação à

natureza da matéria. Esses aspectos eram: a descontinuidade da matéria (conceito de vácuo), movimento intrínseco (cinética das partículas) e interação entre partículas (transformação química).

Mais tarde, Novick e Nussbaum (1981) voltaram a dedicar-se aos aspectos do estado gasoso e fizeram então um estudo longitudinal onde procuraram conhecer a evolução das ideias dos alunos com a idade e com a instrução. Como método de investigação, utilizaram questionários escritos que apresentaram a 576 alunos desde o 5º ano até ao nível universitário. Nesses questionários, eram apresentadas aos alunos situações de índole experimental, sobre as quais se pedia uma explicação (resposta livre) ou a escolha de uma resposta entre várias hipóteses apresentadas (escolha múltipla), tendo os alunos, neste último caso, que justificar a resposta dada.

Os investigadores verificaram que:

- A percentagem de alunos que apresentavam ideias consideradas cientificamente correctas diminuía com a idade, apesar de, em algumas questões, a diferença percentual com a diminuição da idade não ser significativa;
- A maior parte dos alunos considerou o ar como sendo constituído por partículas. No entanto, apenas uma minoria apresentou a ideia de espaço vazio entre as partículas e a ideia do movimento intrínseco das mesmas;
- As ideias dos alunos acerca do efeito da temperatura no movimento das partículas apresentaram-se como pouco seguras, na medida em que, apesar de 50% dos alunos considerarem um aumento dos movimentos com a temperatura, apenas 30% admitiram o efeito contrário, isto é, uma diminuição de movimentos com o abaixamento da temperatura;
- Alguns alunos pensavam que as forças atractivas entre as partículas de um gás aumentavam com o arrefecimento do mesmo.

Seré (1985) investigou as ideias pré-instrução de 600 alunos franceses, de 11 anos de idade, acerca das propriedades físicas dos gases. Para isso, administrou questionários escritos

aos 600 alunos, tendo depois seleccionado 20 desses alunos para serem entrevistados. As conclusões do seu estudo foram as seguintes:

- O contacto dos alunos com objectos tais como pneus, balões e almofadas de ar, que utilizam as propriedades dos gases, não conduziu a que os alunos adquirissem os conceitos científicos sobre os gases;
- 40 % dos alunos consideraram que o ar, ao ser aquecido, se transformava num gás, sendo que alguns dos alunos referiram que esse gás seria o dióxido de carbono;
- 60 % dos alunos admitiram a possibilidade de aquecimento do ar, embora nem todos aceitassem que isso faria aumentar o valor registado num termómetro;
- uma pequena percentagem de alunos, com base na ideia de que “um objecto mais cheio de ar flutua melhor”, considerou que “mais ar pesa menos”;
- os alunos consideraram que o ar não exerce qualquer força nos objectos que ele envolve, uma vez que “o ar não empurra os objectos”.

Também Stavy (1988), realizou um estudo relacionado com o estado gasoso, estudo esse que teve como objectivo investigar as ideias dos alunos relacionadas com o conceito de gás, antes e após instrução. Para isso, entrevistou individualmente seis grupos de vinte alunos de diferentes níveis etários, desde o 4º ao 9º ano (dos 9 aos 15 anos). As definições de “gás” obtidas nessas entrevistas foram várias e encontram-se divididas em três grupos:

- Os alunos mais novos (85% do 4º ano, 80% do 5º ano, 65% do 6º ano e 35% do 7º ano) definiram “gás” *por meio de um exemplo* (gás de cozinha, gás das bebidas, ar, vapor, etc.);
- Alunos dos grupos intermédios (20% do 5º ano, 20% do 6º ano, 45% do 7º ano, 75% do 8º ano e 35% do 9º ano) apresentaram uma definição de gás como *forma da matéria* (propriedades e estado físico);
- Os alunos mais velhos (25% do 7º ano e 80% do 9º ano) definiram “gás” com base na *teoria da constituição da matéria* (distância entre as partículas, movimento e arranjo das partículas e forças de atracção).

A investigadora, face aos resultados obtidos, pôde concluir que:

- Os alunos não desenvolvem espontaneamente uma ideia geral do que é um gás;
- As ideias dos alunos sobre o estado gasoso não são consistentes, isto é, podem mudar em face de diferentes fenómenos. Os alunos consideraram, por exemplo, que o gás contido num recipiente tem massa, mas quando questionados em relação ao gás que se liberta dos refrigerantes (dióxido de carbono) já o consideram sem massa;
- Os conhecimentos dos alunos em relação à teoria da constituição da matéria estão muito fragmentados, uma vez que os alunos os aplicam para explicar o termo “gás”, mas não para explicar os termos “líquido” e “sólido”, o que leva a crer que é mais fácil aceitar as explicações teóricas formais na ausência de ideias pré-concebidas.

2.4.4. “Partículas” e mudanças de estado

No que diz respeito a mudanças de estado, são também vários os artigos publicados. Num desses artigos, é descrito o trabalho de investigação levado a cabo por Osborne e Cosgrove (1983), no qual foram entrevistados 43 alunos australianos, entre os 13 e os 17 anos, tendo estes que procurar explicar os processos de fusão, solidificação, evaporação e condensação.

Em relação à *fusão*, os alunos tinham que explicar o que acontece durante o aquecimento de um cubo de gelo. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Apenas 8 alunos descreveram a fusão do gelo em termos de “partículas”;
- A maior parte dos alunos sustentava a ideia de que o calor provoca um afastamento das “partículas”;
- Muitos alunos aparentaram usar o modelo do aumento do volume de uma substância com o aumento da temperatura (que, por acaso, não se aplica à fusão do gelo).

Em relação à *condensação*, e apesar de os alunos mais velhos conhecerem já as ligações de hidrogénio, nenhum deles mencionou este conceito na sua explicação do fenómeno, considerando então que, aquando da solidificação da água, haveria uma

diminuição de volume, pois as partículas iriam ficar mais próximas umas das outras (mais compactadas).

Na *evaporação*, os resultados obtidos pelos investigadores quando pediram aos alunos para explicar o que acontecia com a água durante esta mudança de estado foram:

- Apenas 8 alunos mencionaram “partículas” ou “moléculas” na sua descrição do fenómeno;
- Pelo menos 1 aluno estava convencido de que as partículas recebiam energia de algum lado e voavam, apresentando como possíveis fontes de energia “aquilo que elas têm”, “cada uma delas” ou “o ar à sua volta”;

Quanto à *condensação*, os investigadores verificaram que:

- Embora a maior parte dos alunos tenha apresentado descrições macroscópicas do fenómeno, alguns (poucos) sugeriram que “as moléculas de água aproximam-se umas das outras”;
- Apenas 1 aluno, de 17 anos, disse que “as moléculas perdem energia e transformam-se em água (...) formam-se ligações entre cada molécula”.

Driver, Guesne e Tiberghien (1985b) referem um estudo realizado por Dow et al., em 1978, envolvendo 1000 alunos escoceses com idades compreendidas entre os 12 e os 13 anos, onde os autores pediam aos alunos para desenharem o interior de um sólido, de um líquido e de um gás. Os autores, após análise dos desenhos obtidos e após realização de algumas entrevistas puderam concluir que:

- Praticamente todos os alunos consideravam a existência de partículas nos três estados físicos;
- Cerca de metade dos alunos consideravam que o tamanho das partículas aumentava progressivamente do estado gasoso para o líquido e para o sólido;
- Muitos alunos consideravam que do estado sólido para o líquido havia um aumento significativo da desordem e do espaçamento entre as partículas;

- Embora a maior parte dos alunos tenha referido movimento nos três estados físicos, cerca de um terço dos alunos não considerou movimento corpuscular no estado sólido.

Driver, Guesne e Tiberghien (1985b) referem ainda um outro estudo levado a cabo por Brook, Briggs e Driver, em 1984, que envolveu alunos ingleses de 15 anos de idade. Nesse estudo, eram feitas algumas perguntas aos alunos relacionadas com determinados fenómenos que estes deviam explicar usando a teoria corpuscular da matéria, sendo que uma das questões implicava explicar o que acontecia a um bloco de gelo quando aquecido desde a temperatura de -10°C até -1°C . Os autores verificaram o seguinte:

- Cerca de dois terços dos alunos usaram a teoria corpuscular da matéria para explicar o fenómeno em estudo, mas apenas um quinto usou ideias correctas do ponto de vista científico, enquanto que os restantes alunos apresentaram ideias alternativas;
- Os alunos apresentaram uma grande tendência para transferirem as alterações verificadas a nível macroscópico para o nível microscópico, referindo, por exemplo, que as partículas sofrem fusão, aquecem e mudam de tamanho;
- Poucos alunos fizeram referência às interações corpusculares (forças de coesão) e, talvez por isso, tivesse havido uma tendência para considerar a fusão do gelo imediatamente após o início do aquecimento.

Num estudo realizado por Andersson (1990), com alunos entre os 12 e os 15 anos de idade, o autor verificou que a maior parte dos alunos revelavam compreender a fusão da água, no entanto mostravam ter dificuldade em generalizar o fenómeno a outras substâncias considerando que, aquando da sua fusão, formar-se-ia água. De qualquer forma, afirmavam que a água formada não teria as mesmas propriedades da água da torneira.

Krnel, Watson e Glazar (1998) referem um artigo de Lee et al. (1993) onde os autores consideram que uma das tarefas em que os alunos sentem maior dificuldade é a explicação das mudanças de estado a nível microscópico, uma vez que isso implica a conjugação de vários aspectos do modelo de partículas que lhes foi ensinado. Os autores verificaram que os

alunos tendem a transpor para as moléculas as propriedades macroscópicas das substâncias, considerando que estas podem aquecer, arrefecer ou congelar.

Krnel, Watson e Glazar (1998) referem ainda um estudo que realizaram em 1994, onde verificaram que 44 % dos alunos de 9 anos de idade envolvidos no estudo consideravam que a fusão de diferentes substâncias dá origem ou a água ou, pelo menos, a uma substância muito parecida com água.

2.4.5. Conservação da massa nas transformações físicas

Martins (1989) refere um estudo realizado por Stavy (1987), onde foram investigadas as ideias de alunos israelitas, do 1º (6-7 anos) até ao 9º (14-15 anos) anos de escolaridade, sendo que cada grupo de alunos era constituído por 20 a 25 elementos. A técnica de recolha de dados utilizada foi a entrevista, tendo sido utilizadas as seguintes tarefas: fusão de uma vela e de um cubo de gelo; evaporação de acetona e iodo; dissolução de açúcar em água; e dilatação da água. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- A maioria dos alunos considerou que a massa do gelo seria superior à massa da água líquida e que um gás não teria massa;
- Os alunos mais velhos pensavam que a massa de um líquido seria superior à de um gás;
- No caso da dissolução do açúcar em água, os alunos consideraram que a massa da solução seria inferior à soma das massas do soluto e solvente, uma vez que “o açúcar vai diminuindo até desaparecer”;
- Em relação à expansão da água, a maioria dos alunos considerou haver um aumento da massa devido ao aumento do volume;
- Nas explicações fornecidas pelos alunos, verificou-se que a teoria da constituição da matéria não foi usada por nenhum aluno do 7º ano, sendo que apenas 15 % dos alunos dos 8º e 9º anos o fizeram.

Face aos resultados obtidos, foi possível concluir o seguinte:

- As ideias dos alunos acerca da conservação da massa em transformações físicas depende da natureza da transformação;
- O contexto das tarefas tem influência sobre as ideias acerca da conservação ou não da massa nas transformações físicas (o facto de o iodo ser corado, o que permitia a sua observação no estado gasoso, conduziu a que as ideias sobre conservação da massa fossem mais extensas do que no caso da acetona);
- Será aconselhável (segundo Stavy) iniciar o ensino da Química pela conservação da massa em mudanças de estado, seguida de teorias sobre constituição da matéria e só depois introduzir as reacções químicas.

Martins (1989) refere também um trabalho de investigação levado a cabo por Perez e Harris, em 1987, que envolveu 1198 alunos espanhóis, de 12 escolas, do 7º (12-13 anos) ao 12º (17-18 anos) anos de escolaridade. O objectivo do estudo era investigar as ideias desses alunos acerca da conservação da massa em tarefas onde sólidos ou líquidos originavam gases. Também foi investigada a relação existente entre ideias de não conservação da massa e a quantidade de material envolvido na transformação. Para a recolha de dados, foram utilizados questionários escritos envolvendo questões referentes a situações familiares aos alunos. Assim, foram os seguintes os fenómenos em estudo: dissolução em água de um comprimido efervescente, oxidação do ferro, combustão do papel num vaso fechado, vaporização de um líquido num vaso fechado, e dissolução de açúcar em leite. Os resultados foram analisados usando o método estatístico qui-quadrado, o qual permitiu verificar o seguinte:

- Os alunos, de ambos os grupos etários, apresentam ideias de não conservação nem da massa nem da substância em transformações físicas, sendo significativamente diferente o número de alunos que aceitam a conservação da substância e os que aceitam a conservação da massa, verificando-se que, neste último caso, a percentagem de alunos é pequena (muitos dos alunos que consideraram haver conservação da substância acreditaram não haver conservação da massa);
- Os alunos de ambos os grupos etários consideram que os gases têm menor massa que os líquidos dos quais provêm, constatando-se que esta ideia diminui com a idade;

- Existe uma forte correlação entre a quantidade de material transformado em gás e a percentagem de respostas considerando a não conservação da massa nas transformações físicas envolvidas;
- Os alunos, mesmo após o estudo da teoria atômica, não utilizam ideias sobre conservação da massa em fenômenos envolvendo gases.

Driver (1985) refere um estudo levado a cabo por Driver, R. e Russell, T., em 1982, que envolveu alunos ingleses com idades compreendidas entre os 9 e os 14 anos, tendo estes que prevêr qual a massa de uma solução preparada por dissolução de uma massa conhecida de açúcar num determinado volume de água. Os investigadores verificaram que cerca de dois terços dos alunos previram que a massa da solução seria inferior à soma das massas iniciais. Uma questão semelhante foi colocada a alunos ingleses e suecos de 15 anos de idade (incluindo alunos que tinham já estudado Química e outros que não) num estudo realizado por Andersson, em 1984 e referido por Driver (1985). Neste caso, foi perguntado aos alunos que massa de solução se obteria ao dissolver 200 g de açúcar em 1000 g de água, sendo-lhes também pedido para explicarem a sua resposta. O autor verificou que apenas cerca de um terço dos alunos (aproximadamente metade dos quais tendo já estudado Química) previram que a massa da solução seria igual à soma das massas dos seus constituintes. Alguns desses alunos explicaram a sua ideia dizendo que “embora pareça que o açúcar desapareceu, ele continua lá e, portanto, também a sua massa se mantém”. Outros alunos, como explicação, forneceram simplesmente uma adição algébrica ($200 + 1000 = 1200$). Por outro lado, mais de metade dos alunos consideraram que a solução teria massa inferior à soma das massas dos seus constituintes, sendo que, neste caso, houve variadas explicações, tais como:

- “o açúcar desaparecerá aquando da dissolução”;
- “o açúcar irá ocupar os espaços vazios existentes entre as moléculas de água e, portanto, a massa permanecerá constante”;
- “as moléculas de açúcar vão tornar-se mais pequenas (estruturas menos complexas) e, portanto, mais leves”;
- “o açúcar decompôr-se-á formando um líquido mais leve”- ideia de que o mesmo material é mais leve no estado líquido que no sólido.

As explicações fornecidas pelos alunos permitem verificar que, embora não considerem a conservação da massa, isso não significa que eles pensam que o açúcar desapareceu.

As ideias manifestadas pelos alunos levaram o autor a concluir que estes atribuem diferentes conotações à palavra “massa”, desde associações com a ideia de volume, densidade, solidez/ consistência e pressão actuando numa superfície.

2.4.6. “Partículas” e o fenómeno da dissolução

A explicação do fenómeno da dissolução, tendo em conta a teoria corpuscular da matéria, é muitas vezes encarada pelos professores de ciências, e surge nos manuais escolares, como algo bastante simples e evidente. Muitas vezes considera-se que basta reflectir um pouco em fenómenos, tais como a dissolução de açúcar em água ou a mistura de dois líquidos, para se imaginar minúsculos “átomos” a misturarem-se.

Selley (1998) descreve o desenvolvimento histórico das ideias acerca da dissolução, apresentando os quatro modelos (“teorias”) da dissolução seguintes:

1. *Teoria da “liquefacção”* – é uma das teorias mais antigas e que surge muitas vezes em alunos antes do ensino formal deste tópico. Segundo esta teoria, o soluto transforma-se num líquido, não sendo feita qualquer referência à teoria corpuscular da matéria. (Um dos seguidores de Aristóteles declarava que, adicionando gota a gota vinho à água, este transformar-se-ia em água. A transformação inversa, com alguma paciência, também poderia ocorrer).
2. *Teoria dos “espaços”* – é uma teoria alternativa, também muito utilizada e já com alguns anos, que considera existirem espaços entre os átomos do solvente nos quais se podem acomodar os átomos do soluto. Este modelo depara-se com um problema quando se trata de soluções em que há uma contracção de volume, como é o caso da dissolução de hidróxido de sódio em água, tal como se pode verificar no exemplo seguinte:

Exemplo:

Alteração de volume aquando da dissolução de hidróxido e sódio em água

5 g NaOH	$V_s = 2,30 \text{ cm}^3$
95 g H ₂ O	$V_0 = 95,17 \text{ cm}^3$
100 g solução	$V_f = 94,90 \text{ cm}^3$
$\text{Contracção} = V_0 + V_s - V_f = 2,57 \text{ cm}^3$	

Nestes casos, torna-se necessário admitir que o modelo não é suficiente para explicar o fenómeno verificado e que, portanto, haverá um outro factor responsável pela contracção de volume verificada (por exemplo, atracções ião-dipolo).

3. *Teoria do “hidrato” (teoria de “atracção”)* – considera-se que os átomos do soluto são “puxados” para a solução por forças de atracção. A dissolução é encarada como uma forma aproximada de uma reacção química: *soluto + água → hidrato líquido* (que depois se difunde). Selley considera que, embora esta teoria se aproxime daquilo que realmente ocorre, falha na questão de postular verdadeiros hidratos na solução quando estes nunca poderão ser detectados. Para além disso, as composições das soluções saturadas não correspondem a proporções estequiométricas, nem a nenhum hidrato sólido conhecido.

4. *Teoria da “interacção” (teoria de “atracção”)* – esta teoria surgiu no séc. XIX quando William Nicol verificou que o volume ocupado por uma mole de ião cloreto, por exemplo, é o mesmo no NaCl, KCl, NH₄Cl, etc. Atendendo a este facto, que desacreditava a teoria do “hidrato”, Nicol publicou, em 1883, uma nova “teoria das soluções” baseada em interacções soluto-solvente.

Nas escolas, e nos anos de iniciação, ensina-se, normalmente, que quando uma substância se dissolve, as suas partículas separam-se umas das outras e vão ocupar os espaços vazios existentes entre as partículas do solvente (Modelo 2). Este é, aliás, o modelo que Selley recomenda, pois considera que poderá sair falhada uma tentativa de ensinar a alunos em fase de iniciação ao estudo da Química o modelo mais complexo da interacção (Modelo 4). De qualquer forma, verifica-se que muitos dos alunos de 12 anos de idade acreditam que quando se dissolve, por exemplo, açúcar em água, há manutenção do volume da solução resultante, o que ficaria a dever-se ao facto do açúcar desaparecer aquando da mistura, não ocupando volume nem apresentando peso. Assim, Selley considera necessário que, antes de explicar o

fenómeno da dissolução, (1) se prove aos alunos que o açúcar não desaparece, pedindo-lhes, por exemplo, para provarem a solução e verificarem que esta está doce. No entanto, muitos alunos consideram que, tal como o cheiro, o sabor é um atributo que constitui como que a “memória” de algo que já existiu. Assim, (2) após demonstração da existência do soluto, deverá proceder-se a uma experiência em que se verifique uma contracção do volume aquando da dissolução.

Holding (1987) verificou que algumas crianças nos primeiros anos da escola consideravam que uma solução aquosa de açúcar era constituída por mais do que uma fase, sustentando a ideia de que “a água contém pequenos bocados de açúcar, invisíveis” e que o açúcar podia ser retirado da água por filtração. Outras crianças, por outro lado, encaravam a solução aquosa de açúcar como sendo uma única substância, em vez de uma mistura homogénea, por não conseguirem distinguir o soluto e o solvente.

Driver (1989) realizou um estudo em que os alunos tinham de descrever o processo de dissolução de açúcar em água e verificou que os alunos utilizavam palavras tais como “partir” (a água parte os cristais de açúcar) ou “empurrar” (a água empurra as partículas de açúcar pondo-as à parte) para explicar o fenómeno observado.

Andersson (1990) verificou que os alunos descrevem muitas vezes a dissolução como um simples processo de mistura de duas substâncias, não fazendo qualquer referência a interacções entre as partículas de soluto e solvente.

Driver et al. (1994b) referem que muitos investigadores concluíram existir variadas concepções acerca do fenómeno da dissolução. Assim, foi verificado que as crianças com cerca de 8 anos de idade, quando procuram explicar o fenómeno da dissolução de, por exemplo, açúcar em água, tendem a centrar-se apenas no soluto, surgindo afirmações do tipo “desapareceu”, “derreteu”, “transformou-se em água”. Frequentemente, crianças um pouco mais velhas referem que, à medida que o açúcar se dissolve, “transforma-se em bocados muito pequeninos”. Mais tarde, alguns afirmam que “as moléculas de açúcar ocupam os

espaços existentes entre as moléculas de água” ou então “as moléculas de açúcar misturam-se com as moléculas de água”.

Krnel et al. (1998) referem um estudo realizado por Lee et al., em 1993, que envolveu alunos de 11 – 12 anos, e onde os autores verificaram que a maior parte dos alunos acreditava no desaparecimento do soluto aquando da dissolução. O mesmo foi verificado por Piaget e Inhelder (1974), e, segundo Krnel et al., também Prieto et al. (1989), Bargellini et al. (1993) e Slone e Bokhurst (1992) chegaram à mesma conclusão, sendo que estes últimos verificaram que a percentagem de alunos que acredita no desaparecimento do soluto diminui com a idade. De acordo com Krnel, Watson e Glazar (1998), também foi verificado por vários investigadores que há alunos que acreditam que, no processo de dissolução, o soluto se transforma num líquido (Slone e Bokhurst, 1992, Driver, 1989, Prieto et al., 1989 e Lee et al., 1993). Os autores referem ainda que, num estudo realizado por Jones, em 1984, o autor verificou que há alunos que consideram que o soluto “derrete” na presença da água.

Krnel, Watson e Glazar (1998) referem que Prieto et al. constataram, num estudo realizado em 1989, com alunos com idades compreendidas entre os 11 e os 14 anos, que alguns desses alunos consideravam que, aquando de uma dissolução, ocorria uma reacção química que dava lugar ao aparecimento de uma nova substância.

Duarte (1998) refere vários estudos onde foram investigadas as ideias dos alunos acerca do fenómeno da dissolução. Num desses estudos, realizado por Pietro et al., em 1989, e que envolveu 319 alunos espanhóis com idades compreendidas entre os 11 e os 14 anos, foi concluído que os alunos, nas suas explicações acerca do fenómeno da dissolução, centravam-se muito no soluto, dizendo com frequência que o soluto “desaparece”, “desfaz-se”, “derrete” ou “decompõe-se”. Verificaram também que termos tais como “juntar”, “colocar”, “adicionar” e/ ou “misturar” eram bastante utilizados, sobretudo pelos alunos da faixa etária mais baixa. Quando era pedido aos alunos para darem exemplos de processos que envolvessem a dissolução, apenas dissoluções de sólidos em líquidos eram referidas. Um outro estudo referido pelo autor foi o realizado por Stavy, em 1990, que envolveu alunos com idades compreendidas entre os 6 e os 15 anos que, entre várias tarefas, tinham que responder a

várias questões sobre a dissolução de açúcar em água. A autora verificou que a maioria dos alunos mais novos considerava que a massa da solução final obtida era superior à soma das massas de cada uma das substâncias (açúcar e água), argumentando que “o açúcar é pesado e faz com que a água fique mais pesada”. Pelo contrário, os alunos mais velhos consideravam ser menor a massa da solução obtida dizendo que “o açúcar torna-se cada vez mais pequeno até desaparecer”.

2.4.7. “Partículas” e o conceito de densidade

Driver et al. (1994b) referem vários trabalhos levados a cabo por diferentes investigadores relacionados com o conceito de densidade. As diferentes conclusões a que chegaram cada um dos investigadores foram as seguintes:

Smith et al.:

- A primeira noção que as crianças têm de densidade pode ser descrita pela frase “é tanto mais denso quanto maior for o seu tamanho”, noção essa que começa a surgir entre os 5 e os 7 anos de idade. Assim, nesta idade, as crianças desenvolvem conceitos distintos de “peso” e “tamanho”, não fazendo a distinção entre “peso” e “densidade”;
- Apenas depois dos 7 anos as crianças começam a deixar de associar os conceitos de “peso” e “tamanho”.

Piaget:

- Entre os 9 e os 10 anos de idade, as crianças começam a relacionar a densidade de um material com a de outro, dizendo, por exemplo, que “o objecto flutua porque é mais leve que a água”.

Hewson:

- Alunos com idades compreendidas entre os 14 e os 22 anos podem já referir-se à densidade dos materiais em termos de “empacotamento” das partículas, no entanto as suas explicações são normalmente incompletas ou inadequadas;
- A dificuldade dos alunos em relação ao conceito de densidade resulta da existência de concepções alternativas acerca dos conceitos de massa e volume.

Rowell et al.:

- Os alunos têm alguma dificuldade em compreender o conceito de densidade porque apresentam ideias alternativas acerca do conceito de volume.

Mullet e Gervais (1990) levaram a cabo um estudo que envolveu alunos entre os 14 e os 15 anos de idade, e verificaram que estes ainda não faziam a distinção nítida entre peso e densidade, confundindo também os conceitos de massa, volume e gravidade. Embora os alunos fossem capazes de reconhecer a relação directa entre densidade e massa, ou entre volume e massa, a maioria era incapaz de integrar estas duas entidades. Alguns alunos deduziam a massa de um objecto tendo em conta apenas o seu volume, enquanto outros consideravam apenas a densidade fazendo afirmações do tipo “1 kg de chumbo pesa mais do que 1 kg de algodão”. Assim, os alunos combinavam duas peças de informação aditivamente (como propriedades extensivas) em vez de multiplicativamente.

2.4.8. “Partículas” em reacções químicas

As ideias dos alunos no que diz respeito a “partículas” em “reacções químicas” foram alvo de diversos estudos. Um desses estudos foi o de Happs (1980), onde foram investigadas as ideias de 41 alunos da Nova Zelândia com idades compreendidas entre os 10 e os 17 anos. O objectivo desta investigação foi procurar conhecer o que os estudantes pensam em relação às partículas que constituem a matéria, tanto em termos da sua constituição como do seu comportamento em reacções químicas. O investigador deu especial atenção à forma como os

alunos visualizavam os átomos e as moléculas e como eles os relacionavam com o termo “partícula”. O seu objectivo principal não foi identificar as ideias científicas dos alunos, mas sim a forma como eles encaravam os fenómenos e os modelos científicos usados em Química. Assim, foram realizadas quatro experiências (combustão de uma vela, neutralização de um ácido, precipitação do cloreto de chumbo e oxidação explosiva do magnésio), após as quais, numa entrevista individual, cada aluno tinha que descrever e explicar os fenómenos observados.

Happs concluiu que uma grande percentagem de alunos:

- Interpreta os fenómenos observados não considerando a teoria da natureza corpuscular da matéria (as partículas têm as mesmas propriedades das substâncias de que fazem parte: mudam de estado físico, de tamanho, de forma, ardem, explodem, etc);
- Confunde os diversos significados do termo “partícula”, e não compreende as palavras “átomo” e “molécula” no sentido científico, atribuindo-lhes significados diferentes dos cientificamente correctos;
- Não considera a conservação da massa nas reacções químicas;
- Só considera reacção química aquilo em que há ocorrência de algo “dramático”, como por exemplo uma explosão, não considerando como tal fenómenos mais “simples”, tais como uma neutralização ou uma precipitação;
- Prefere falar daquilo que é observável, como, por exemplo, uma mudança de cor, do que de modelos moleculares abstractos que pretendem representar aquilo que poderá estar a acontecer numa reacção química.

Também com o objectivo de estudar as ideias dos alunos sobre o comportamento das partículas em reacções químicas, Brook, Briggs e Bell (1983) analisaram as respostas dadas por cerca de 300 alunos de várias áreas do ensino, de 15 anos de idade, a seis das questões incluídas nos exames anuais de avaliação em ciência. Posteriormente, 15 desses alunos foram entrevistados de modo a que pudessem completar e/ ou explicar algumas das respostas dadas no teste escrito.

Cada uma das seis questões em análise estava relacionada com a aplicação de ideias sobre a teoria corpuscular da matéria em diferentes contextos. Assim, os alunos tinham que explicar fenómenos tais como “variação da pressão de um gás com a temperatura”, “difusão de partículas”, “fusão” e “alterações verificadas durante o aquecimento de um sólido” usando ideias sobre “partículas”. Menos de 50% dos alunos consideraram a matéria como sendo constituída por partículas. Assim, e tendo em conta que a amostra era representativa da população, a análise das respostas dadas permitiu concluir que apenas uma pequena percentagem dos alunos de 15 anos de idade usa ideias adequadas acerca do assunto em estudo. Como seria de esperar, os investigadores observaram que os alunos que recentemente tinham aprendido os conceitos em estudo eram aqueles que usavam as ideias correctas com mais frequência. O trabalho de investigação realizado reforçou a noção de que os alunos apresentam, mesmo antes de receberem qualquer tipo de instrução científica formal, ideias acerca da natureza da matéria que são muitas vezes bastante diferentes das ideias cientificamente correctas e que depois, quando recebem a instrução formal, os alunos aceitam as novas ideias, mas estas entram em conflito com as ideias pré-concebidas. Por exemplo, no que diz respeito à noção de partícula material, foi verificado neste estudo que 30% dos alunos considerava a existência de partículas materiais, mas atribuíam-lhes propriedades macroscópicas tais como expansão, contracção e fusão. Assim, foi possível concluir que as ideias adquiridas pela vivência dos alunos são de tal forma sólidas que persistem mesmo após a instrução formal.

Ahtee e Varjola (1998), num estudo realizado com 442 alunos (159 do 7º, 105 do 8º e 178 do 9º ano), procuraram encontrar concepções alternativas relacionadas com as reacções químicas e observaram o seguinte:

- Cerca de 10% dos alunos do 8º ano de escolaridade confundiam os termos “átomo” e “substância”, o que não acontecia com os alunos do 7º ano, talvez por desconhecerem esses termos, usando então outros como, por exemplo, “elemento” e “bocado de matéria”;
- Metade dos alunos dos 7º e 8º anos entrevistados tinham a noção de que os átomos são as partículas básicas das substâncias. No entanto, não entendiam que todas as substâncias são constituídas por átomos. Esta mesma observação foi feita por Griffiths e Preston em 1992;

- Os alunos revelaram a existência de um conflito cognitivo entre as observações do mundo macroscópico e as explicações teóricas do mundo microscópico.

Face a estes resultados, os investigadores puderam concluir que só depois de o conceito de átomo ser introduzido é que os alunos fazem a distinção correcta entre transformação física e transformação química. No entanto, Ahtee e Varjola são da opinião que este conceito só deve ser apresentado aos alunos quando estes já tiverem tomado contacto com uma série de fenómenos onde a teoria atómica se aplique, para que estes se possam aperceber da sua aplicabilidade a variadas situações.

Capítulo 3 – Quadro conceptual

*“Os olhos apenas vêem
o que estão preparados para ver”*

Leroi-Gourhan, 1983
citado por Rosmorduc, J., 1983

3.1. Introdução

Dado que o tema em estudo, “Constituição e estrutura da matéria”, é bastante abrangente, tornou-se necessário fazer uma selecção dos assuntos a leccionar. No que respeita a cada assunto seleccionado, foi ainda necessário definir quais os conteúdos a administrar aos alunos tendo em conta o seu nível de escolaridade. Assim, e tendo em conta que os alunos intervenientes no estudo se encontravam numa fase de iniciação ao estudo da Química, procurou-se seleccionar conteúdos que envolvessem conceitos básicos, para além de ter havido alguma preocupação em que a selecção envolvesse conceitos com interesse a nível prático (interesse nas situações do dia a dia dos alunos).

Neste capítulo apresenta-se um breve desenvolvimento teórico dos conteúdos seleccionados para o estudo, conteúdos esses que, tal como se explica no capítulo 4, foram apresentados aos alunos através de sete actividades experimentais em relação às quais lhes era solicitada uma explicação para os fenómenos observados, e ainda através de uma ficha de trabalho. Assim, nas oito subsecções seguintes, são desenvolvidos os conteúdos abrangidos pela ficha de trabalho e por cada uma das actividades experimentais, destacando-se os fenómenos (relevantes para o presente estudo) que é possível observar aquando das mesmas e as ideias que se pretendia que fossem apresentadas pelos alunos.

3.2. Actividade experimental 1

Nesta actividade, que tem por título “Leite com chocolate”, é pedido aos alunos que coloquem um pouco de chocolate em pó em dois gobelés, ambos contendo leite, sendo que um deles deveria ser previamente aquecido. Os alunos podem verificar facilmente que o chocolate em pó se dissolve em ambos os gobelés, sendo a dissolução mais rápida no gobelé contendo leite quente.

Tendo em conta os fenómenos observados, podem ser colocadas as seguintes questões:

1º. – *Porque é que o chocolate em pó se dissolve no leite?*

2º. – *Porque é que a dissolução é mais rápida no leite quente?*

No que respeita à primeira questão, aquilo que se pretendia era que os alunos explicassem a dissolução com base no movimento corpuscular e na existência de espaços vazios entre as partículas constituintes do leite, espaços esses onde poderiam entrar as partículas de chocolate – Teoria dos “espaços”, descrita por Selley (1998) (Subsecção 2.4.6). Assim, os alunos deveriam concluir que, quer no leite quente quer no frio, existem espaços onde se podem acomodar as partículas de chocolate, sendo que estas atingem esses espaços por se encontrarem em movimento. Quanto à questão da maior velocidade de dissolução do chocolate em pó no leite quente, pretendia-se que os alunos estabelecessem a relação entre temperatura e agitação corpuscular, concluindo que quanto maior for a temperatura, maior é a agitação corpuscular.

Como se pode verificar, esta actividade experimental envolve conceitos bastante abstractos, nomeadamente a questão da descontinuidade da matéria e a ideia do movimento corpuscular, para além de incluir ideias acerca do fenómeno da dissolução. Estes conceitos desenvolvem-se seguidamente.

Descontinuidade da matéria. O átomo

Demócrito (cerca de 460-370 a.C.) e Leucipo (século V a.C.), filósofos gregos, terão sido os primeiros a afirmar que toda a matéria seria constituída por pequenas partículas indivisíveis, a que deram o nome de átomos, entre as quais havia espaço vazio. A mutabilidade da matéria ficaria a dever-se à possibilidade de rearranjo desses átomos, permanecendo estes imutáveis em todo o processo. Assim, estes filósofos consideravam que toda a matéria, independentemente do seu aspecto, deveria possuir uma estrutura, pois só assim as mudanças de estado teriam explicação.

A ideia da descontinuidade da matéria foi contestada por outro filósofo grego, Aristóteles (século IV a.C.), que defendia que a matéria era contínua, sendo constituída por quatro elementos básicos: Terra, Ar, Água e Fogo. Dado o grande prestígio de Aristóteles, e o facto de as ideias por ele sustentadas estarem mais próximas do conhecimento do senso comum, as suas ideias preveleceram durante séculos, sendo que a teoria atómica foi retomada apenas no século XVIII, por John Dalton (1766-1844), cujos postulados marcaram o início da Química Moderna. De acordo com Dalton, átomo era a menor porção de um elemento que pode participar numa combinação química, sendo imaginado como algo de muito pequeno e indivisível. A hipótese da descontinuidade da matéria acabou por ser cientificamente aceite

em resultado de uma série de estudos iniciados por volta de 1850 e que prosseguiram até ao séc. XX, e que demonstraram que o átomo possui uma estrutura interna, sendo constituído por partículas subatómicas, os protões, os electrões e os neutrões.

Teoria cinético-corpúscular

No séc. XIX, alguns físicos, entre os quais Ludwig Boltzman (1844-1906) e James Clerk Maxwell (1831-1879), descobriram que as propriedades físicas dos gases podiam ser explicadas com base nos movimentos individuais de cada uma das suas moléculas constituintes. Fizeram então um conjunto de generalizações sobre o comportamento dos gases, que constituem a *teoria cinética dos gases*, cujas hipóteses fundamentais são as seguintes (Chang, 1994, p. 199):

1. Um gás é constituído por moléculas, separadas umas das outras por distâncias muito maiores do que as suas próprias dimensões, sendo consideradas “pontos”, por terem massa, mas volume desprezável;
2. As moléculas gasosas encontram-se em movimento constante em todas as direcções do espaço, colidem frequentemente umas com as outras, sendo as colisões entre elas perfeitamente elásticas. Embora nessas colisões possa haver transferências de energia, a energia total das moléculas num *sistema isolado*⁴ permanece constante;
3. Entre as moléculas de um gás não existem quaisquer forças de interacção;
4. A energia cinética média das moléculas de um gás é proporcional à temperatura do gás, na escala kelvin, sendo que à mesma temperatura todos os gases possuem a mesma energia cinética.

De facto, no estado gasoso as distâncias intermoleculares são bastante grandes, sendo também elevada a desordem corpúscular. Os *corpúsculos*⁵ possuem uma grande liberdade de movimentos, podendo vibrar, rodar e transladar em todas as direcções e sentidos.

Ao contrário daquilo que se verifica com os gases, no estado sólido os corpúsculos estão muito próximos uns dos outros, dispostos de uma forma bastante organizada, não tendo por isso grande liberdade de movimentação. Também nos líquidos, porque as distâncias

⁴ Sistema isolado – Sistema que não troca massa ou energia com o exterior.

⁵ Corpúsculos (ou partículas) – unidades estruturais da matéria (átomos, moléculas ou iões).

intercorpúsculares são ainda bastante pequenas, a liberdade de movimentos dos corpúsculos é muito inferior à dos gases, embora seja maior do que nos sólidos. De qualquer forma, quer no estado gasoso quer nos estados condensados verifica-se a existência de movimentos a nível corpuscular.

Dissolução – Teoria da “interacção”

Sendo a teoria dos “espaços” considerada como a mais apropriada para explicar o fenómeno da dissolução a alunos em fase de iniciação ao estudo da Química, ela não é, no entanto, e tal como Selley (1998) refere, a teoria mais correcta, uma vez que não explica, por exemplo, o fenómeno da contracção de volume que se verifica com algumas soluções. Assim, a teoria que se apresenta como a mais correcta é a teoria da “interacção”, também descrita por Selley (1998), onde se considera que a dissolução só terá lugar se se estabelecerem forças interactivas entre as moléculas (ou iões) do soluto e do solvente. A intensidade destas forças deverá ser igual ou superior à intensidade das forças existentes em cada uma das substâncias (soluto e solvente) isoladamente.

São então de considerar os 5 tipos de interacções seguintes:

1. Interacção ião-dipolo;
2. Ligação de hidrogénio;
3. Interacção dipolo permanente- dipolo permanente;
4. Interacção dipolo permanente- dipolo induzido;
5. Forças de dispersão de London (interacções dipolo instantâneo-dipolo induzido).

Assim, aquando da mistura de um soluto com um solvente, uma ou mais destas interacções podem ter lugar. Também nas substâncias puras se verificam tais interacções, sendo estas responsáveis pela estrutura (e propriedades) das mesmas nos estados condensados (sólido e líquido).

Passa-se então a descrever as principais características destas interacções.

Interacção ião-dipolo

Este tipo de interacção estabelece-se entre iões, positivos ou negativos, e moléculas polares (dipolos). São forças bastante intensas (E_{lig} : varia entre 400 e 600 kJ/mol), sendo que a sua intensidade depende não só do tamanho e da carga dos iões (aumenta com a carga do ião e diminui com o seu tamanho), como também do *momento dipolar*⁶ (da molécula polar) e do tamanho das moléculas (aumenta com o momento dipolar e diminui com o tamanho da molécula).

Este tipo de interacção explica, por exemplo, a *hidratação*⁷ dos iões em solução, particularmente dos catiões (que em geral apresentam menor raio que os aniões, tendo as cargas mais concentradas), devido à forte atracção que se estabelece entre o ião e a molécula de água polar. Um exemplo será a dissolução de cloreto de sódio (substância iónica) em água, em que as moléculas de água orientam o seu pólo negativo (átomo de oxigénio) para o ião sódio (Na^+), e o pólo positivo (átomos de hidrogénio) para o ião cloreto (Cl^-). A hidratação persiste também em sólidos, sendo exemplo disso a existência de sais hidratados como o sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Ligação de hidrogénio

A ligação de hidrogénio, também designada por ligação por pontes de hidrogénio, ocorre entre moléculas fortemente polares que apresentam um ou mais átomos de hidrogénio ligados por covalência a átomos dos elementos flúor, oxigénio ou azoto que, por serem muito electronegativos, fazem com que o hidrogénio fique muito “desprotegido” electronicamente, ficando com disponibilidade para aceitar carga eléctrica de outros átomos que a tenham em excesso. Dado o reduzido tamanho do átomo de hidrogénio, este tem bastante facilidade em aproximar-se de átomos que possuam dupletos não-compartilhados, surgindo, desta forma, uma atracção entre os electrões não-compartilhados e a carga positiva parcial do hidrogénio. A ligação assim estabelecida, por ser mais forte do que seria de esperar a partir da grandeza

⁶ Momento dipolar (ou momento de dipolo) (μ) – é uma medida quantitativa da polaridade de uma ligação química e define-se como o produto da carga q pela distância r entre as cargas ($\mu = q \times r$).

⁷ Hidratação – processo pelo qual um ião ou uma molécula fica rodeado por moléculas de água. No caso de outros solventes, o processo tem a designação geral de solvatação.

dos momentos dipolares envolvidos, é considerada uma ligação química, embora fraca, e não uma simples interação física.

A designação “ponte” de hidrogénio resulta do facto de o átomo de hidrogénio se ligar a dois átomos, a um através de uma ligação covalente e ao outro por uma ligação de hidrogénio, estabelecendo entre os dois átomos uma “ponte”.

A intensidade de uma ligação de hidrogénio (E_{lig} : varia entre 10 e 40 kJ/mol) depende da diferença de electronegatividade entre o hidrogénio e o átomo ao qual ele se encontra ligado, sendo a intensidade da ligação tanto maior quanto maior a diferença de electronegatividades. Também o número de ligações de hidrogénio que cada molécula pode estabelecer vai determinar a intensidade da interação molecular sendo que, como é lógico, quantas mais ligações forem estabelecidas, mais intensa é a interação. No caso da água, o número de ligações de hidrogénio estabelecidas por cada molécula é de duas, tal como se pode verificar na figura 3.1.

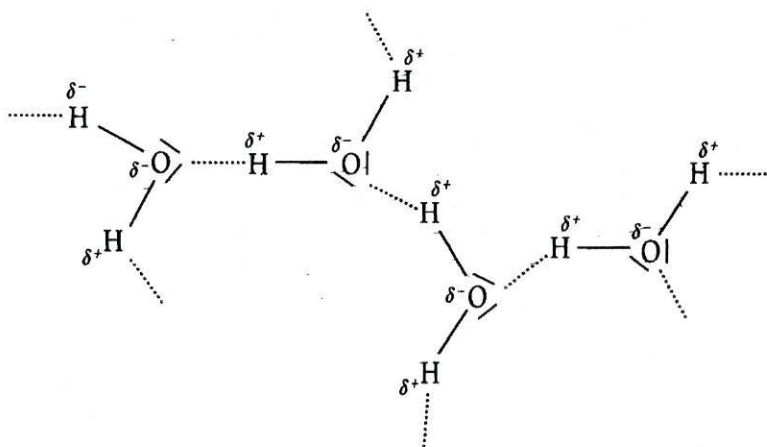


Figura 3.1 – Formação de ligações por ponte de hidrogénio na água.

Isto resulta do facto de cada molécula de água possuir dois átomos de hidrogénio e dois dupletos não compartilhados, o que não acontece, por exemplo, com o fluoreto de hidrogénio que, embora seja constituído por moléculas que possuem três dupletos não compartilhados, estas têm a capacidade de estabelecer apenas uma ligação de hidrogénio pois têm apenas um átomo de hidrogénio. O mesmo acontece com o amoníaco, sendo que neste caso cada molécula apresenta três átomos de hidrogénio, mas apenas um duplete não compartilhado, e, por isso, apenas uma ligação de hidrogénio pode ser estabelecida por molécula.

As ligações de hidrogénio são mais intensas que quaisquer outras interacções corpusculares. De facto, a ligação de hidrogénio é de tal forma intensa que, em determinados casos, existe mesmo quando uma substância se encontra vaporizada. Exemplo disso é o ácido acético em que as suas moléculas se ligam aos pares por pontes de hidrogénio formando *dímeros*⁸ que subsistem em fase gasosa (Figura 3.2).

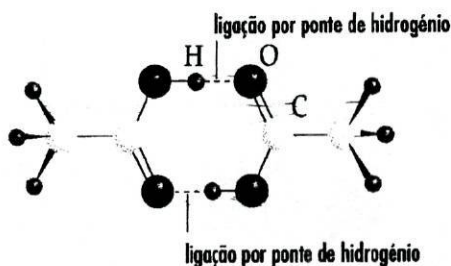


Figura 3.2 – Dímero de ácido acético

Este tipo de ligação é responsável pelas estruturas complexas de muitas biomoléculas, como é o caso das proteínas e das cadeias duplas dos ácidos nucleicos (Figura 3.3).

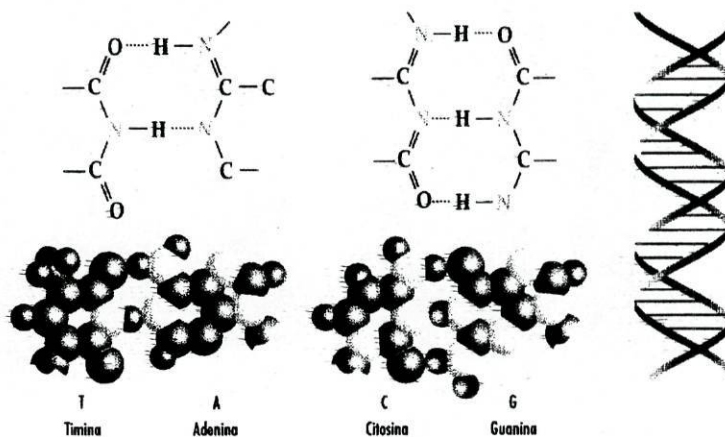


Figura 3.3 – Ligações, por pontes de hidrogénio, entre bases emparelhadas da cadeia de ADN.

⁸ Dímeros – entidades estáveis formadas pela associação de duas moléculas idênticas ligadas.

As ligações de hidrogénio são mais intensas que quaisquer outras interacções corpusculares. De facto, a ligação de hidrogénio é de tal forma intensa que, em determinados casos, existe mesmo quando uma substância se encontra vaporizada. Exemplo disso é o ácido acético em que as suas moléculas se ligam aos pares por pontes de hidrogénio formando *dímeros*⁸ que subsistem em fase gasosa (Figura 3.2).

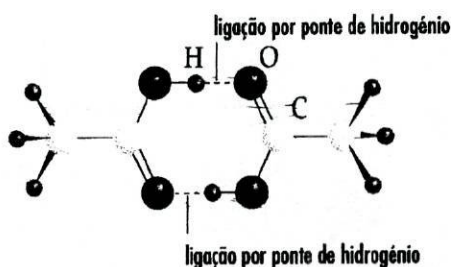


Figura 3.2 – Dímero de ácido acético

Este tipo de ligação é responsável pelas estruturas complexas de muitas biomoléculas, como é o caso das proteínas e das cadeias duplas dos ácidos nucleicos (Figura 3.3).

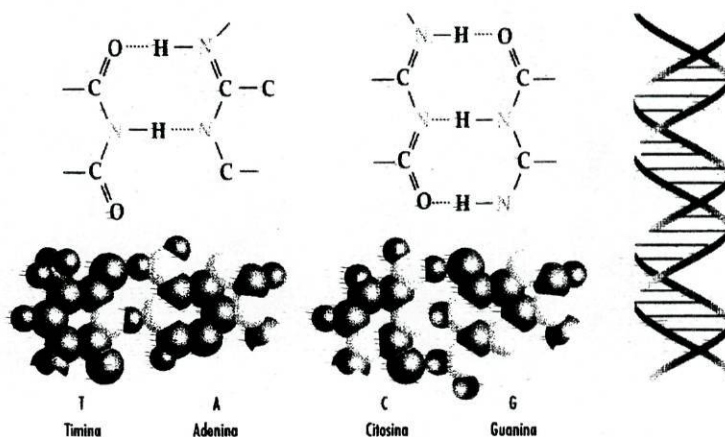


Figura 3.3 – Ligações, por pontes de hidrogénio, entre bases emparelhadas da cadeia de ADN.

⁸ Dímeros – entidades estáveis formadas pela associação de duas moléculas idênticas ligadas.

É esta interacção que explica a solubilidade, embora pequena, de substâncias apolares, tais como o oxigénio ou o azoto, em solventes polares, como por exemplo a água.

Forças de dispersão de London

As forças de London, também designadas por forças de dispersão, estabelecem-se entre todos os tipos de moléculas, polares e apolares, sendo o único tipo de interacção que se verifica em moléculas apolares. Para que se estabeleça uma força de London é necessário que, num determinado momento, haja separação das cargas eléctricas positiva e negativa de um átomo ou de uma molécula, por deslocação dos electrões, formando-se um dipolo (molécula polarizada) a que se dá o nome de dipolo instantâneo. Este, ao aproximar-se de uma partícula apolar, pode provocar uma distorção da sua nuvem electrónica, formando-se desta forma um dipolo temporário a que se dá o nome de dipolo induzido. Dipolos instantâneo e induzido atraem-se, então, mutuamente. No caso de moléculas polares, em que se verificam interacções dipolo permanente-dipolo permanente, as forças de London também estão presentes devido à polarização instantânea dos átomos dessas moléculas.

A intensidade das forças de London (E_{lig} : varia entre 0,05 e 40 kJ/mol) aumenta, em geral, com a massa molar, uma vez que em consequência do maior número de electrões, aumenta a probabilidade de formação do dipolo instantâneo e também a facilidade de distorção da nuvem electrónica da partícula apolar, ou seja, a polarizabilidade é maior. Também a forma das moléculas é responsável pela intensidade destas forças. Assim, as forças de London estabelecidas entre moléculas de estrutura aberta são mais intensas do que aquelas que se estabelecem entre moléculas esféricas com a mesma massa molar por ser maior o número de pontos de interacção molécula a molécula nas primeiras. Exemplo disso é aquilo que se verifica com os isómeros pentano e dimetilpropano (Figura 3.4), cujos pontos de ebulição são 36 °C e 10 °C, respectivamente, e aos quais correspondem as seguintes fórmulas de estrutura:

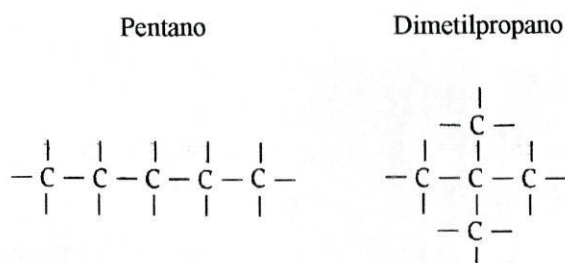


Figura 3.4 – Dois isómeros de fórmula molecular C_5H_{12} – Pentano e dimetilpropano

O facto da cadeia do pentano ser em ziguezague, enquanto a do dimetilpentano tem uma forma global aproximadamente esférica, faz com que o contacto entre as nuvens electrónicas das moléculas seja inferior para o segundo isómero, conduzindo a uma menor intensidade das forças intermoleculares estabelecidas, o que está de acordo com os respectivos valores de pontos de ebulição.

Verifica-se, também, que no caso dos hidrocarbonetos de cadeia aberta, a intensidade das forças de London é tanto maior quanto maior for o número de átomos de carbono da cadeia, devido ao aumento do número de pontos de interacção molécula a molécula.

3.3. Ficha de trabalho

A ficha de trabalho distribuída aos alunos, intitulada “Mudanças de estado”, é constituída por um pequeno texto onde se relaciona as interacções corpusculares com a agitação corpuscular, e estas com as transições de fase que implicam uma “mudança de estado físico”, sendo também apresentado um esquema que relaciona os três estados físicos da matéria com os processos energéticos que acompanham a sua interconversão. É então pedido aos alunos que respondam à questão “Qual a relação entre temperatura, agitação corpuscular e mudanças de estado?”.

Os alunos, face ao texto e ao esquema que lhes são apresentados, deveriam responder que um aumento da temperatura provoca um aumento da agitação corpuscular, e quando esta for tal que consiga vencer as interacções corpusculares, verifica-se uma mudança de estado físico (transição de fase), a qual ocorre no sentido do aumento da desordem corpuscular (mudança de um estado físico mais ordenado para outro mais desordenado).

Transições de fase

Uma *fase*, segundo Gibbs, é um estado da matéria uniforme, não só na sua composição química, mas também no seu estado físico. Assim, podem considerar-se as fases sólida,

líquida e gasosa de uma substância e também as várias fases cristalinas de algumas substâncias, tais como os *alótropos*¹⁰ branco e preto do fósforo.

Ao processo de interconversão das fases dá-se o nome de *transição de fase* – conversão espontânea de uma fase noutra. As transições de fase possíveis são as que se indicam a seguir (Tabela 3.1):

Tabela 3.1 – Designação das transições de fase

Transição de fase	Designação
líquido → gasoso	Vaporização (evaporação ou ebulição)
gasoso → líquido	Condensação
sólido → líquido	Fusão
líquido → sólido	Solidificação (cristalização)
sólido → gasoso	Sublimação
gasoso → sólido	Condensação para sólido

Tais transições ocorrem espontaneamente devido à tendência dos sistemas químicos para, a temperatura e pressão constantes, minimizarem a sua energia de Gibbs¹¹.

No caso de substâncias puras, a energia de Gibbs molar de um sistema é igual ao seu *potencial químico*¹², μ . Assim, a cada pressão e temperatura, uma substância pura será termodinamicamente estável na fase a que lhe corresponde um menor potencial químico. Assim, por exemplo, à pressão de 1 atm, a fase estável da água para temperaturas inferiores a 0 °C é o estado sólido (gelo), o que indica que o potencial químico do gelo é inferior ao da água líquida nessas condições.

Para uma dada pressão, a temperatura a que dois potenciais químicos são iguais, existindo duas fases em equilíbrio, designa-se por *temperatura de transição*.

O facto de uma transição de fase ser termodinamicamente possível, ou seja, ocorrer com diminuição do potencial químico, não é garantia de que essa transição ocorra de facto,

¹⁰ Alótropos – duas ou mais formas do mesmo elemento químico que diferem significativamente nas suas propriedades físicas e químicas.

¹¹ A energia de Gibbs, G , é a medida da capacidade de um sistema de produzir trabalho. É definida como $G = H - TS$, onde G é a energia libertada ou absorvida num processo reversível a temperatura (T) constante, H é a entalpia e S a entropia do sistema.

¹² Potencial químico (μ) – Para um dado componente numa mistura, corresponde ao coeficiente dG/dn , onde G é a energia de Gibbs e n a quantidade de substância do componente, ou seja, é a alteração da energia de Gibbs de acordo com a alteração na quantidade do componente, sendo a pressão, a temperatura e as quantidades de outros componentes constantes. Os componentes estão em equilíbrio se os seus potenciais químicos forem iguais.

pois o processo pode ser de tal forma lento que, do ponto de vista cinético, não seja possível a ocorrência de tal transição. Um exemplo disso é o caso do diamante e da grafite para os quais se verifica que, embora a pressão e temperatura normais o potencial químico da grafite seja inferior ao do diamante, o que do ponto de vista termodinâmico é favorável à sua transformação em grafite, tal transição de fase não ocorre, o que se deve ao facto de tal processo ser extremamente lento. Assim, o diamante diz-se uma *fase metastável* do carbono (em condições normais de pressão e temperatura) por ser uma fase termodinamicamente instável que se mantém inalterada apenas porque a transição é impedida por questões cinéticas.

Diagramas de fases

Num *diagrama de fases* de uma substância pura (Figura 3.5) podem observar-se facilmente os valores de pressão e temperatura a que as suas diferentes fases são termodinamicamente estáveis.

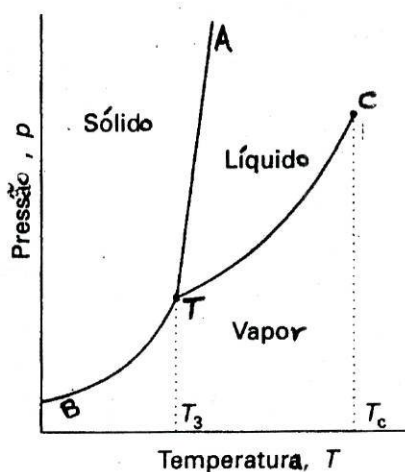


Figura 3.5 – Diagrama de fases de uma substância pura

Como se pode verificar, o diagrama encontra-se dividido em três regiões, cada uma das quais representando uma fase pura. As linhas que separam cada uma das regiões (linhas TA , TB e TC) designam-se por *linhas de fase* e representam as condições de pressão e temperatura às quais duas fases podem coexistir em equilíbrio. O ponto onde as três linhas de fase se encontram (ponto T no diagrama) designa-se por *ponto triplo* e corresponde à situação

em que as três fases coexistem em equilíbrio. O ponto C do diagrama designa-se por *ponto crítico* e corresponde-lhe uma temperatura – *temperatura crítica* – à qual a densidade do vapor iguala a densidade do líquido em equilíbrio e acima da qual a forma gasosa de uma substância não pode ser liquefeita, por maior que seja a pressão aplicada. Assim, acima da temperatura crítica passa a existir uma única fase designada por *fluido supercrítico*. A pressão correspondente ao ponto crítico designa-se por *pressão crítica*.

Os diagramas de fases permitem prevêr o modo como variam os pontos de fusão e ebulição de uma determinada substância com a variação da pressão exterior, permitindo ainda verificar em que sentido ocorrem as transições de fase face a alterações de pressão e/ ou temperatura.

Evaporação e condensação

Num líquido, as moléculas não se encontram limitadas a posições rigidamente definidas, possuindo alguma liberdade de movimentos e velocidades variáveis. Assim, se em determinada altura algumas moléculas que se encontrem à superfície de um líquido possuírem uma maior energia cinética, elas podem abandonar o líquido passando ao estado gasoso (evaporação). À medida que o número de moléculas no vapor aumenta, mais colisões ocorrem entre elas e a superfície do líquido, ou seja, a pressão de vapor aumenta, ocorrendo a condensação do vapor, pois quando uma molécula colide com a superfície de um líquido, fica presa pelas forças intermoleculares nele existentes. Assim, se se considerar um recipiente fechado contendo um líquido e algum ar, o líquido tende a evaporar-se originando vapor que se mistura com o ar, exercendo, juntamente com este, uma pressão sobre o líquido. Algumas dessas moléculas tendem a regressar ao estado líquido, sendo que, em determinada altura, o número de moléculas que passam ao estado líquido por segundo iguala o número de moléculas que passam ao estado gasoso, ou seja, o vapor condensa exactamente à mesma velocidade com que o líquido vaporiza. Nessa altura diz-se que o sistema líquido-vapor está em *equilíbrio dinâmico*, sendo a pressão de vapor nesta situação designada por *pressão de vapor de equilíbrio* e corresponde à pressão máxima que um líquido exerce a uma dada temperatura. Este equilíbrio pode também surgir no caso dos sólidos, embora nestes casos a pressão de vapor seja inferior à das respectivas fases líquidas (com excepção da temperatura do ponto triplo onde as pressões de vapor de ambas as fases se igualam), pois, num sólido, as moléculas estão mais fortemente unidas umas às outras possuindo, portanto, movimentos

muito limitados, o que dificulta a sua passagem ao estado gasoso. Assim, a volatilidade é uma medida da tendência dos sólidos e líquidos passarem à fase de vapor.

A pressão de vapor é uma função crescente com a temperatura, pois o aumento da temperatura provoca um aumento da agitação corpuscular, o que facilita a passagem das moléculas da fase condensada para o estado gasoso. A intensidade das forças intermoleculares é determinante da facilidade com que as moléculas podem passar ao estado gasoso. Assim, quanto mais intensas forem as interações corpusculares, menor é a tendência para as moléculas passarem ao estado gasoso, diminuindo, assim, a pressão de vapor. Desta forma, os líquidos mais voláteis são aqueles que apresentam forças intermoleculares mais fracas, e vice-versa. Uma medida da força com que as moléculas estão ligadas num líquido é a *entalpia de vaporização molar* (ΔH_{vap}) e define-se como a *energia necessária para vaporizar uma mole de um líquido*, em condições constantes de pressão e temperatura.

Ebulição

Como já se viu, a pressão de vapor aumenta com a temperatura. Assim, quando a temperatura é tal que a pressão de vapor iguala a pressão exterior, o líquido entra em *ebulição*, ou seja, no interior do líquido formam-se bolhas gasosas ocorrendo a sua vaporização, não só à superfície do líquido, mas também no seu interior e de forma tumultuosa. Efectivamente, só quando a pressão de vapor do líquido iguala a pressão exterior, que consiste no somatório das pressões atmosférica e hidrostática, é possível que este entre em ebulição, pois só nestas condições é que cada bolha que se forma no interior do líquido tem a possibilidade de subir até à superfície e aí rebentar. Durante o aquecimento de um líquido, e enquanto a pressão de vapor for inferior à pressão exterior, qualquer bolha que se forme colapsa antes de chegar à superfície. Pode-se então concluir que a temperatura de ebulição de um líquido é tanto maior quanto maior for a pressão exterior.

Solidificação e fusão

Os processos de solidificação e fusão ocorrem, para uma substância pura, exactamente à mesma temperatura, temperatura essa que é designada por *temperatura de fusão* ou *temperatura de solidificação*, conforme se trate de um ou outro processo, e corresponde à *temperatura à qual as fases líquida e sólida coexistem em equilíbrio*. Considera-se como temperatura *normal* de fusão (ou solidificação) a temperatura de fusão (ou de solidificação) medida à pressão de 1 atm.

A energia necessária para fundir uma mole de um sólido, designada por *entalpia de fusão molar* (ΔH_{fus}), é, para todas as substâncias, inferior à entalpia de vaporização, ΔH_{vap} . Isto resulta do facto de a distância intermolecular nos líquidos não ser muito diferente da dos sólidos, não sendo portanto necessária muita energia para provocar a transição da fase sólida para a líquida. O mesmo já não se verifica no caso da transição da fase líquida para a gasosa já que, no estado gasoso, as moléculas encontram-se muito afastadas umas das outras, sendo necessária uma grande quantidade de energia para vencer as forças atractivas no líquido.

A maior parte dos líquidos solidifica a temperaturas superiores quando submetidos a aumentos de pressão, porque a fase sólida é mais densa que a líquida, estando, portanto, as moléculas mais próximas umas das outras do que na fase líquida, e a pressão ajuda a manter as moléculas unidas. Uma excepção a esta regra é a água cuja temperatura de fusão diminui com o aumento da pressão devido à densidade da água líquida ser superior à do gelo, como se discutirá mais adiante. No entanto, a variação da temperatura de fusão com a pressão não é tão significativa como a variação da temperatura de ebulição com a pressão.

Sublimação e cristalização

O processo de passagem de um material directamente da fase sólida à gasosa designa-se por sublimação. O processo inverso, ou seja, o processo de passagem de um material da fase gasosa à sólida, pode ser designado por cristalização, sendo também muito utilizada a designação de condensação para sólido.

De facto, os sólidos também sofrem evaporação e, portanto, têm uma pressão de vapor. O naftaleno é exemplo de um sólido que sublima facilmente, apresentando uma pressão de vapor razoavelmente elevada para um sólido.

A energia necessária para sublimar uma mole de um sólido a uma determinada temperatura, designada por *entalpia de sublimação molar* (ΔH_{sub}) de uma substância, corresponde à soma das entalpias de fusão e de vaporização molares, a essa temperatura:

$$\Delta H_{\text{sub}} = \Delta H_{\text{fusão}} + \Delta H_{\text{vap}}$$

Como a entalpia é uma função de estado, a variação de entalpia no processo global é a mesma quer a substância passe directamente da forma sólida para a de vapor quer passe primeiro para líquido e depois para vapor.

3.4. *Actividade experimental 2*

Nesta actividade, que tem por título “Temperatura, agitação corpuscular e intensidade das interacções corpusculares”, é pedido aos alunos que aqueçam, em dois gobelés, uma amostra de naftaleno e um cubo de gelo, e que verifiquem quais as alterações experimentadas por cada uma das substâncias. Os alunos podem verificar que, enquanto o gelo passa primeiro ao estado líquido e só depois ao gasoso, o naftaleno passa directamente do estado sólido ao gasoso, sendo ainda possível verificar que este volta a passar ao estado sólido (ao contactar com as paredes do gobelé e com o funil de vidro sobre este colocado).

Tendo em conta os fenómenos observados, podem ser colocadas as seguintes questões:

- 1º. – *Porque é que o naftaleno passa directamente do estado sólido ao gasoso e a água não?*
- 2º. – *Porque é que o naftaleno volta a passar ao estado sólido ao tocar nas paredes dos recipientes?*

Em relação à primeira questão, aquilo que se pretendia era que os alunos associassem as transições de fase verificadas com ambas as substâncias ao aumento da energia cinética média das moléculas de cada substância (aumento da agitação corpuscular) que conduz à ruptura de ligações químicas por enfraquecimento das mesmas. As diferenças de comportamento verificadas entre as duas substâncias deveriam ser explicadas em termos das diferentes intensidades das interações corpusculares em cada uma delas (interacções mais fortes na água do que no naftaleno sólido, sendo as interacções no naftaleno fracas).

No que respeita à segunda questão, os alunos deveriam concluir que o arrefecimento, provocado pelo contacto do vapor de naftaleno com as paredes frias do gobelé e do funil de vidro, é o responsável pela transição de fase verificada, sendo que, com a diminuição da temperatura, a agitação corpuscular diminui, o que permite o restabelecimento de interacções entre as moléculas de naftaleno, que originam o seu empacotamento cristalino.

NOTA: Nesta actividade experimental utilizou-se o naftaleno para ilustrar o processo de sublimação, dado tratar-se de um sólido bastante volátil, sendo a transformação em questão facilmente observável. Saliente-se, contudo, que outras substâncias sólidas, ainda que menos voláteis, sublimam quando em sistema aberto, já que as moléculas do gás em equilíbrio com a fase sólida tendem a escapar-se, o que obriga à sua reposição. O gelo, se fosse mantido a uma temperatura inferior ao seu ponto de fusão, também sublimaria, apesar de ser ligeiramente menos volátil que o naftaleno (veja-se os valores da tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Valores de temperatura do ponto triplo e correspondentes pressões de vapor da água e do naftaleno

Substância	T _{ponto triplo} / K	p/ atm	p/ Pa
Água	273,16 (*)	$6,02 \times 10^{-3}$ (*)	610,0
Naftaleno	353,30 (**)	$9,57 \times 10^{-3}$ (***)	969,7

(*) Atkins, 1998

(**) Radomska e Radomski, 1980

(***) De Kruif, 1981

Pode-se então concluir que o estado líquido pode ou não apresentar-se como um estado intermédio ao sólido e ao gasoso no que respeita à transformação da fase sólida para a fase gasosa. Tudo depende das condições de pressão e temperatura a que uma determinada substância esteja submetida.

Note-se ainda que, em relação ao naftaleno, a não ocorrência da sua fusão com o aquecimento ficou a dever-se simplesmente ao facto de não ter sido atingida a sua temperatura de fusão.

Diagrama de fases da água

O diagrama de fases que se segue (Figura 3.6) corresponde à água pura.

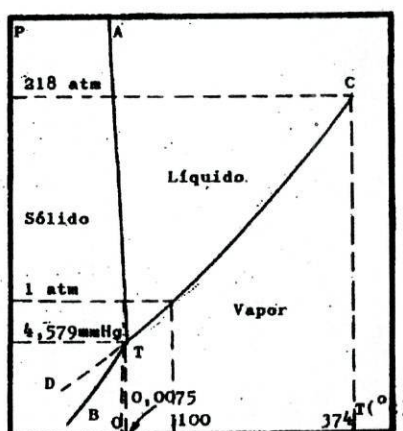


Figura 3.6 – Diagrama de fases da água (Machado, s.d.)

A *curva TA* - linha de equilíbrio sólido-líquido - divide o campo de sólido do campo de líquido e traduz a variação da temperatura de congelação da água com a pressão. Como se pode verificar, tal linha apresenta um declive negativo, o que é anormal e característico da água. Assim, neste caso, um aumento da pressão conduz à formação da fase líquida, ou seja, a água congela a temperaturas mais baixas quando está sob pressão (um aumento de pressão provoca um abaixamento do ponto de fusão do gelo). Segundo Machado (s.d.), o mesmo comportamento, pouco comum entre as substâncias vulgares, é também exibido, por exemplo, pelo bismuto e pelo antimónio (p.16). Tal comportamento indica que a fase líquida é mais densa do que a sólida, pois se um aumento da pressão (a temperatura constante) faz com que o sistema reaja deslocando-se o equilíbrio sólido-líquido no sentido da formação do líquido, ou seja, no sentido de contrariar o aumento de pressão, isso significa que a fase líquida é mais densa que a sólida, pois terá havido uma contracção de volume.

A *curva TB* divide o campo de sólido do campo de vapor e corresponde à curva da pressão de sublimação em função da temperatura, fornecendo a pressão de vapor de água em equilíbrio com gelo.

A *curva TC* divide o campo de vapor do campo de líquido e é a curva da pressão de vapor em função da temperatura. Tal curva só tem significado até ao ponto crítico (ponto C), pois além deste é impossível a distinção entre água líquida e vapor de água. É possível verificar que um aumento da pressão sobre a água líquida provoca um aumento da sua temperatura de ebulição.

A *curva TD*, prolongamento da TC, é referente à pressão de vapor da água líquida sobrearrefecida. Está representada a tracejado porque diz respeito a um estado metastável do sistema.

Naftaleno

O naftaleno é um hidrocarboneto aromático que apresenta a fórmula molecular $C_{10}H_8$. A correspondente fórmula de estrutura é a que se apresenta na figura 3.7.

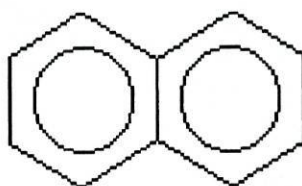


Figura 3.7 – Fórmula de estrutura do naftaleno

O tipo de ligações estabelecidas entre as moléculas de naftaleno são as forças de London que, como já se discutiu na subsecção 3.2, são de fraca intensidade. Desta forma, o naftaleno apresenta um empacotamento cristalino relativamente fraco. Assim, em condições normais de pressão e temperatura, o naftaleno apresenta-se na forma de um sólido branco bastante volátil, ou seja, que vaporiza com facilidade.

A tabela 3.3 apresenta os valores das pressões de vapor do naftaleno sólido e líquido a diferentes temperaturas.

Tabela 3.3 – Valores experimentais de pressões de vapor do naftaleno

T/ K (sólido)	p_{vap}/ Pa	T/ K (líquido)	p_{vap}/ Pa
285,71	3,1	360,59	1587
293,82	7,3	373,12	2467
310,70	36,3	458,48	46340
328,38	161,1	490,50	100770
350,42	821,2	491,03	101220
353,12	987,2	491,20	101325

Como se pode verificar, o naftaleno apresenta uma pressão de vapor (de equilíbrio) razoavelmente elevada para um sólido, o que justifica a sua tendência para passar directamente do estado sólido ao gasoso, ou seja, para sublimar. Efectivamente, ao aquecer-se uma amostra de naftaleno num recipiente aberto, este sublima com relativa facilidade, o que resulta do facto das moléculas de naftaleno gasoso (que se encontram em equilíbrio com o sólido) se escaparem, afastando-se da vizinhança do sólido, sendo então necessária a transferência de mais moléculas para a fase de vapor para restabelecimento do equilíbrio. Note-se que a sublimação ocorre também sem aquecimento (à temperatura normal), pelo mesmo motivo, embora neste caso a velocidade da transformação seja inferior.

3.5. Actividade experimental 3A

Esta actividade encontra-se incluída num conjunto de quatro actividades experimentais (3A a 3D) que têm por objectivo estudar os factores que têm influência nos espaços intercorpúsculares.

Nesta actividade experimental (3A), o factor em estudo é a temperatura. Para que os alunos pudessem concluir acerca da influência da temperatura nos espaços intercorpúsculares, foi-lhes pedido para medirem a temperatura de uma amostra de água, antes e depois de ser aquecida, podendo os alunos verificar (tal como com certeza já esperavam) que o mercúrio do termómetro utilizado sobe ao longo do tubo capilar do mesmo. É então pedido aos alunos que expliquem tal comportamento do mercúrio, os quais deveriam referir que o aumento da temperatura faz com que haja um aumento dos espaços intercorpúsculares do mercúrio,

obrigando-o a subir ao longo do tubo capilar do termómetro por necessidade de ocupar mais espaço (aumento do volume).

Temperatura x Espaços intercorpúsculares

Na secção 3.2 foi já discutida a questão dos movimentos corpúsculares – Teoria cinético-corpúscular – onde se referiu que, em qualquer estado físico, as partículas constituintes de cada substância encontram-se em constante movimento, ou seja, possuem energia cinética. Ao aquecer-se uma determinada substância, está-se a fornecer-lhe energia, o que provoca um aumento da energia cinética média das suas partículas constituintes. Este aumento da agitação corpúscular, acompanhado de um aumento do número de colisões intercorpúsculares, conduz a um afastamento dos corpúsculos. Assim, quanto maior for a temperatura, maior é a agitação corpúscular e maiores são os espaços intercorpúsculares.

Volume x Espaços intercorpúsculares

O aumento dos espaços intercorpúsculares (provocado pelo aumento da temperatura) faz com que o volume ocupado por uma dada massa de uma substância aumente. Assim, no caso do mercúrio que se encontra dentro do reservatório do termómetro, este acaba por subir ao longo do tubo capilar, que se encontra vazio, precisamente por experimentar um aumento de volume.

3.6. Actividade experimental 3B

Nesta actividade experimental são apresentadas aos alunos três seringas, uma contendo ar, outra água e a terceira farinha, sendo pedido aos alunos que pressionem o êmbolo de cada delas, tapando em simultâneo os respectivos orifícios. Os alunos podem então verificar que o êmbolo se desloca apenas no caso da seringa que contém ar, o que os levará a concluir que os espaços intercorpúsculares variam de material para material, sendo muito reduzidos nos estados condensados da matéria. Também o facto de o orifício de saída das

seringas se encontrar tapado levará os alunos a concluir que o espaço intercorpúscular é vazio, uma vez que, no caso da seringa com ar, em que é possível a compressão, não há saída de qualquer substância do interior da seringa. Esta actividade permite ainda aos alunos concluir que quanto maior for a pressão, menores são os espaços intercorpúsculares.

Pressão x Espaços intercorpúsculares

As propriedades dos gases diferem significativamente das dos estados condensados (líquido e sólido), sobretudo devido à grande distância intercorpúscular. Esta resulta do facto de, nos gases, as forças intercorpúsculares serem praticamente inexistentes a pressões não muito elevadas. Pelo contrário, nos líquidos e nos sólidos as moléculas interagem através de um ou mais tipos de forças intermoleculares. A intensidade dessas forças é que determina as propriedades dos três estados da matéria. Assim, no que respeita ao *volume* e à *compressibilidade*, as características microscópicas dos três estados da matéria determinam que sólidos e líquidos tenham volume praticamente constante, sendo os sólidos virtualmente incompressíveis e os líquidos levemente compressíveis, isto devido aos reduzidos espaços intercorpúsculares nos sólidos e nos líquidos resultantes das ligações intercorpúsculares neles verificadas. Quanto aos gases, estes têm volume variável com a pressão, ou seja, os gases comprimem-se e expandem-se com facilidade, o que é devido, respectivamente, aos grandes espaços intercorpúsculares e às praticamente inexistentes forças intercorpúsculares, factores esses que estão inter-relacionados.

3.7. Actividade experimental 3C

Com esta actividade pretende-se levar os alunos a concluir que os espaços intercorpúsculares diferem de material para material conforme a substância que os constitui. Para tal, são postos à disposição dos alunos quatro cubos com aproximadamente o mesmo volume, mas de diferentes materiais, sendo que os alunos, a partir da determinação da massa e do volume de cada um, determinam a densidade dos mesmos. Por comparação dos valores de densidade obtidos com valores tabelados, concluem acerca da composição de cada cubo. Os alunos deverão ainda concluir que, sendo o volume dos cubos aproximadamente igual, os

diferentes valores de massa apresentados por cada um resultam das diferentes estruturas de cada substância, sendo que ao material com maior massa corresponde uma estrutura em que são menores os espaços intercorpúsculares.

Constituição da matéria x Espaços intercorpúsculares

Diferentes materiais são constituídos por diferentes corpúsculos os quais interactivam de formas diferentes. Assim, para materiais no mesmo estado físico, os espaços intercorpúsculares são tanto menores quanto mais intensas forem as respectivas forças de interacção corpúsculares.

No caso de objectos com o mesmo volume, corresponderá uma maior massa àquele cujos corpúsculos se encontrem mais próximos entre si, pois, sendo menores os espaços intercorpúsculares, há um maior número de partículas por unidade de volume.

3.8. Actividade experimental 3D

Com a realização desta actividade pretende-se levar os alunos a concluir que os espaços intercorpúsculares dependem do estado físico em que uma determinada substância se encontre. Assim, é fornecida aos alunos uma proveta com um determinado volume de água no estado sólido (gelo), a qual os alunos deverão deixar fundir totalmente. Por verificação da diminuição do volume após a fusão, havendo manutenção da massa de substância, os alunos concluirão que, na água, os espaços intercorpúsculares são maiores no estado sólido do que no líquido. A manutenção da massa permitir-lhes-á ainda reforçar a ideia da conservação da massa nas transformações físicas.

Estado físico x Espaços intercorpúsculares

Os estados físicos da matéria dependem do modo de agregação das partículas elementares que constituem as diversas substâncias. Tanto nos sólidos, como nos líquidos ou

gases existem forças atractivas entre as partículas (já discutidas na secção 3.2), mais ou menos intensas, fazendo com que estas se encontrem mais ou menos ligadas entre si.

Assim, nos *sólidos*, as partículas encontram-se muito próximas umas das outras, dispostas de forma compactada e organizada, não possuindo grande liberdade de movimentos, o que resulta do facto das forças de interacção entre elas serem bastante intensas. Nos *líquidos*, à semelhança do que se passa nos sólidos, o empacotamento das moléculas é também denso, mas, porque a intensidade das forças intermoleculares é menor, as moléculas encontram-se ligeiramente mais afastadas do que nos sólidos, com uma menor organização e apresentando alguma liberdade de movimentos. Pelo contrário, nos *gases*, onde as forças intermoleculares são praticamente inexistentes (nos gases ideais estas forças são consideradas nulas), as moléculas encontram-se muito afastadas umas das outras, movendo-se rápida e desordenadamente.

Conservação da massa nas transformações físicas

Uma transformação física é uma alteração em que há mudança das propriedades físicas de um determinado material, não havendo lugar à formação de novas substâncias, ao contrário daquilo que acontece nas transformações químicas.

A lei de Lavoisier determina que “quando uma transformação química ocorre em sistema fechado, a massa total do sistema permanece constante”. O mesmo se verifica no caso nas transformações físicas, já que nestes casos, o que resulta da transformação é simplesmente uma forma ou estado físico diferentes da mesma substância. Assim, no que diz respeito à fusão do gelo, que é a transformação física tratada na actividade experimental em questão, desde que não ocorra evaporação da água que entretanto passou ao estado líquido, a massa de água líquida será igual à massa inicial de água no estado sólido (gelo).

3.9. Actividade experimental 4

Para a realização desta actividade experimental, intitulada “Alumínio”, são postos à disposição dos alunos três corpos de alumínio de diferentes dimensões, sendo pedido aos alunos que determinem a massa e o volume de cada um para concluir acerca da sua

densidade. Os alunos podem então verificar que os três corpos possuem a mesma densidade, o que os levará a concluir que a densidade é uma propriedade característica de cada substância.

Densidade

A densidade (ou massa volúmica) de um corpo corresponde ao quociente da sua massa pelo seu volume e é uma propriedade intensiva, isto é, o seu valor é independente da quantidade de matéria. Isso resulta do facto de, para uma substância homogénea, o volume aumentar na mesma proporção que a massa, pelo que o quociente entre a massa e o volume se mantém constante. Assim, corpos do mesmo material apresentam o mesmo valor de densidade, independentemente da sua forma ou tamanho. Pelo contrário, corpos de diferentes materiais, e embora podendo encontrar-se no mesmo estado físico, apresentarão densidades diferentes, já que as suas estruturas moleculares serão diferentes, devido às diferentes interacções corpusculares. Assim, para além de serem diferentes os próprios corpúsculos, cada um apresentando o seu próprio valor de massa, também os espaços intercorpusculares variam de material para material. Consequentemente, a massa por unidade de volume será diferente.

Factores de que depende a densidade de um material

A densidade é uma propriedade característica de cada material, para um mesmo estado físico e a temperatura e pressão constantes.

Estado físico

Já se viu que os espaços intercorpusculares, para uma mesma substância, variam com o estado físico em que esta se apresenta, sendo que, de uma forma geral, os espaços intercorpusculares são menores para o estado sólido e maiores para o estado gasoso. Assim, o volume ocupado por uma determinada massa de uma substância será menor no estado gasoso e maior no estado sólido. Consequentemente, a densidade da substância diminui do estado sólido para o gasoso.

Temperatura

Um aumento da temperatura provoca, como já se viu, um aumento dos espaços intercorpúsculares e, conseqüentemente, um aumento do volume ocupado por uma determinada massa de uma substância. Assim, em geral, para uma mesma substância, a densidade diminui com o aumento da temperatura.

Pressão

Já se viu que um aumento da pressão conduz a uma diminuição dos espaços intercorpúsculares e, conseqüentemente, a uma diminuição do volume ocupado por uma determinada massa de uma substância. Assim, para uma mesma substância, a densidade aumenta com o aumento da pressão.

Capítulo 4 – Metodologia da investigação

“Experiências tão fortemente guiadas que o aluno não possa errar, são inúteis e mais eficazmente substituídas por demonstrações feitas pelo professor”

Brodin, 1978

4.1. Introdução

Neste capítulo, procura-se fazer uma descrição da metodologia utilizada no desenvolvimento dos estudos realizados, bem como apresentar os fundamentos das opções tomadas, tendo por base os objectivos da investigação apresentados no capítulo 1. Assim, começa-se por fazer, na secção 4.2, a caracterização das amostras envolvidas no estudo, seguida de uma descrição sumária dos passos fundamentais do mesmo (secção 4.3). Depois, na secção 4.4, descreve-se a metodologia de ensino levada a cabo neste trabalho de investigação, a qual é alvo do estudo, sendo feita uma análise crítica da mesma. Na secção 4.5, após uma breve apresentação de alguns dos instrumentos de recolha de dados mais comuns no campo da investigação em educação, descrevem-se, de forma mais detalhada, os instrumentos de recolha de dados usados no presente estudo, apresentando-se uma justificação para a escolha dos mesmos em detrimento de outros. Na secção 4.6 estabelece-se a relação, em termos de conteúdo científico abrangido, entre actividades experimentais, questionário e ficha de trabalho. Por fim, na secção 4.7, são descritos os métodos utilizados no tratamento e análise dos dados obtidos.

4.2. Caracterização das amostras

O estudo envolveu três turmas de alunos com idades compreendidas entre os 13 e os 15 anos, do 8º ano de escolaridade da Escola Básica 2º e 3º ciclos de Santa Marinha (Vila Nova de Gaia), todas elas sob a orientação da autora do estudo, sendo que duas das turmas, uma com 18 alunos e a outra com 17, foram utilizadas no estudo piloto, sendo por isso designadas de turmas piloto, e a outra, constituída por 19 alunos, foi utilizada no estudo principal, sendo por isso designada de turma experimental. Os alunos das três turmas tinham características bastante semelhantes no que respeita a comportamento e aproveitamento escolares. No entanto, uma vez que se dispunha apenas destas três turmas e atendendo a que duas delas se encontravam mais adiantadas a nível do programa, foram essas as escolhidas para turmas piloto, pois só assim se podia testar o questionário e as actividades experimentais.

4.3. Descrição dos estudos

4.3.1. Estudo piloto

Este estudo teve como objectivos a validação do questionário utilizado na recolha de dados e o teste de todas as actividades experimentais a incluir no estudo principal.

Na secção 4.5, descreve-se o processo de elaboração do questionário que, tal como é referido, foi sujeito a uma análise crítica que constituiu a primeira fase de validação do mesmo. O questionário assim obtido, designado por *questionário piloto* (ANEXO 1) foi aplicado numa das turmas piloto, tendo-se verificado que algumas das questões eram alvo de uma elevada percentagem de respostas erradas. Assim, optou-se por estabelecer um diálogo com os alunos onde se procurou descobrir quais as suas dificuldades. Em relação à maior parte das questões com maior percentagem de erro, verificou-se que os alunos estavam convictos da correcção das respostas dadas. Apenas duas das questões formuladas, nomeadamente as questões números 6 e 12, foram alegadamente mais difíceis e onde os alunos acreditavam ter errado mais. No caso da questão número 6, houve alunos que a consideraram uma “questão com ratoeira”, dizendo terem escolhido a hipótese B, embora sabendo que o naftaleno é exemplo de uma substância que ao ser aquecida passa directamente ao estado gasoso, por ser esta a hipótese que abrange aquilo que sucede com a maioria das substâncias. Assim, embora a hipótese D fosse a correcta, poucos alunos a escolheram. Em relação à questão número 12, embora alguns alunos tivessem afirmado que não sabiam a resposta por nunca terem aprendido tal assunto, a maioria admitiu ter respondido ao acaso por considerarem as hipóteses oferecidas bastante confusas em termos de linguagem. Assim, decidiu-se reformular estas duas questões por forma a torná-las mais claras para os alunos.

Após as alterações referidas, o questionário tomou a forma do modelo em anexo (ANEXO 2) e voltou a ser testado na outra turma piloto. Optou-se ainda por incluir as questões 6 e 12, agora na sua nova forma, num teste de avaliação dos alunos da primeira turma onde o questionário havia sido testado. Uma vez que a maioria dos alunos de ambas as turmas não levantou quaisquer dúvidas em relação às questões colocadas e uma vez que a percentagem de erro diminuiu significativamente, o questionário foi considerado válido para o estudo a realizar, passando a constituir o *questionário experimental*, tendo sido aplicado, já no estudo principal, na turma experimental.

Como se poderá verificar na subsecção 4.3.2, o estudo principal envolveu a realização de 7 actividades experimentais, numeradas de 1 a 4 (note-se que na actividade experimental 3 estão incluídas 4 actividades, numeradas de 3A a 3D), cujos protocolos se encontram em anexo (ANEXO 4). Tais actividades foram elaboradas com base nas respostas dadas no questionário (pré-teste) pelos alunos da turma experimental, tendo-se procurado incidir, sobretudo, nas questões onde os alunos manifestaram ter maior dificuldade.

Por forma a ser possível testar todas as actividades no mais curto espaço de tempo, e para que se pudesse efectuar atempadamente as alterações consideradas necessárias, optou-se por realizar as actividades 1, 2 e 4 numa das turmas piloto e as actividades 3A a 3D na outra turma piloto. A realização das actividades experimentais nestas duas turmas permitiu verificar que havia alguns pormenores que era necessário modificar, nomeadamente os seguintes:

- Actividade experimental 1: o tempo de aquecimento do leite, inicialmente de 10 minutos, mostrou-se insuficiente para a obtenção de um efeito (diferentes velocidades de dissolução e tingimento) mais evidente;
- Actividade experimental 3C: as provetas, inicialmente de 100 cm^3 , tiveram de ser substituídas por provetas de 50 cm^3 para tornar possível uma precisão adequada das leituras;
- Actividade experimental 4: estando inicialmente prevista a determinação matemática do volume de cada corpo, usando para isso uma régua, optou-se por não incluir tal determinação por esta tornar bastante morosa a actividade experimental.

Feitas as alterações descritas, os protocolos referentes às actividades experimentais que constaram do estudo principal tomaram a forma dos modelos em anexo (ANEXO 4).

4.3.2. Estudo principal

Este estudo, levado a cabo na turma experimental, desenvolveu-se em 6 etapas, as quais se descrevem na tabela 4.1, sendo também apresentada a respectiva calendarização.

Tabela 4.1 – Etapas do estudo principal e respectiva calendarização.

ETAPA	DATA
1ª etapa – Administração dos conteúdos em estudo seguindo uma metodologia “tradicional”.	Dezembro de 1999 e Janeiro de 2000
2ª etapa – Primeira administração do questionário experimental.	Janeiro de 2000
3ª etapa – Implementação da metodologia de ensino em estudo (que se descreve na subsecção 4.4), a qual está de acordo com a perspectiva construtivista da aprendizagem.	Maio de 2000 e Junho de 2000
4ª etapa – Segunda administração do questionário experimental	Junho de 2000
5ª etapa – Análise dos dados recolhidos através dos diferentes instrumentos de recolha de dados utilizados.	De Junho de 2000 a Março de 2001
6ª etapa – Estabelecimento de conclusões.	Abril de 2001

Como se pode verificar por análise da tabela 4.1, os conteúdos em estudo foram ensinados aos alunos, pela primeira vez, seguindo uma metodologia “tradicional”, ou seja, uma metodologia que está de acordo com o modelo de ensino de transmissão de conceitos (modelo tradicional), tendo portanto como principal característica o facto de os alunos não terem um papel activo na construção do seu conhecimento, apresentando-se como receptores passivos da informação que lhes foi transmitida pela professora. No decorrer destas aulas não foi dado lugar à realização de qualquer actividade experimental e a discussão oral de ideias raramente ocorreu. Quando um aluno apresentava alguma dúvida, a professora fornecia a resposta à questão colocada, sem explorar grandemente a ideia apresentada.

Após o ensino “tradicional” dos conteúdos em estudo, e tal como se pode verificar na tabela 4.1, procedeu-se à administração do questionário experimental. Este teve como objectivo fazer um levantamento das principais ideias alternativas sustentadas pelos alunos da turma experimental na situação pós-ensino formal, para que, em função destas, se definisse quais as tarefas a levar a cabo no estudo.

No que respeita à metodologia de ensino em estudo, que se descreve na secção 4.4, esta foi levada a cabo apenas quatro meses depois do ensino “tradicional” dos conteúdos envolvidos no estudo. De facto, optou-se por deixar passar um intervalo de tempo considerável entre as duas situações de ensino, pois pretendia-se que os alunos, aquando da implementação da nova metodologia de ensino, já não tivessem tão presentes os conceitos em estudo e que se afastassem o menos possível, em termos de conhecimentos, de uma situação anterior ao ensino formal do tema em estudo. Pensa-se que tal foi conseguido, pois os resultados obtidos imediatamente antes da discussão oral de ideias, que constituiu a principal estratégia da metodologia de ensino em estudo, revelam que os alunos esqueceram uma parte significativa dos conteúdos em estudo.

NOTA: Por forma a evitar a repetição do termo “estudo”, optou-se por, em determinadas situações, designar a metodologia de ensino em estudo por *metodologia de ensino “construtivista”*.

Após a implementação da metodologia de ensino “construtivista”, e tal como se indica na tabela 4.1, administrou-se novamente o questionário com o objectivo de dar resposta ao segundo objectivo definido para este trabalho de investigação, ou seja, para concluir acerca da superioridade da metodologia “construtivista” em relação à metodologia “tradicional” inicialmente utilizada, em termos dos desempenhos dos alunos após a conclusão do ensino através de ambas as metodologias. Para isso, comparou-se os resultados obtidos no primeiro questionário com os obtidos no segundo, passando estes a constituir o pré-teste e o pós-teste, respectivamente.

Refira-se que a situação verificada neste estudo, em que os mesmos conteúdos são tratados em duas alturas temporalmente distintas, não foi algo de planeado, pois aquilo que se pretendia era uma abordagem dos conteúdos em estudo unicamente através da metodologia de ensino “construtivista”. Tal situação surgiu por questões de ordem temporal e metodológica, pois quando se optou pelo tema “Constituição e estrutura da matéria”, o ensino do mesmo já havia tido início nas três turmas do 8º ano disponíveis. Acredita-se, no entanto, que a metodologia de ensino “construtivista” resultaria de igual modo eficaz se utilizada isoladamente, já que os alunos, como se disse anteriormente, não tinham presentes, na altura em que esta foi implementada, a maior parte dos conteúdos em estudo.

No que respeita à análise dos resultados obtidos nos questionários e nas fichas de controlo, que constituíram os dois principais instrumentos de recolha de dados deste trabalho, esta teve lugar imediatamente depois da administração do pós-teste, e descreve-se na secção 4.7, tendo sido a partir dela que se estabeleceram as conclusões deste trabalho, conclusões essas que são apresentadas no capítulo 6.

4.4. Metodologia de ensino em estudo

A metodologia de ensino levada a cabo neste trabalho foi planeada tendo como suporte teórico a perspectiva construtivista da aprendizagem (discutida no capítulo 2, subsecção 2.2.1.) e os modelos de mudança conceptual (referidos no capítulo 2, subsecção 2.2.8.). A sequência de ensino teve por base a exploração de sete actividades experimentais (tal como já se referiu na subsecção 4.3.1), e também de uma ficha de trabalho, tendo os alunos como tarefa, em cada uma das aulas deste estudo, procurar explicações para os fenómenos observados aquando das actividades experimentais e também resposta para a questão colocada na ficha de trabalho. Para isso, foram estabelecidos sete grupos de trabalho, cinco de três alunos e dois de dois alunos, os quais deveriam discutir entre si as suas ideias, que seriam em seguida apresentadas à turma, a fim de se proceder a uma discussão geral das mesmas (Nota: A professora só intervinha na discussão geral e apenas como mediadora da discussão, registando no quadro as ideias apresentadas pelos alunos e procurando manter ordem na discussão).

A exploração das actividades experimentais foi feita segundo uma estratégia semelhante à proposta por Gunstone (1988) – Estratégia POE – Prever, Observar e Explicar: *É pedido aos alunos que efectuem uma previsão do que irá passar-se em determinada situação, por escrito; durante a demonstração, os alunos registam as suas observações, e é feita uma confrontação entre estas e as previsões anteriormente efectuadas.* Assim, no início de cada actividade experimental, era distribuída aos alunos uma folha que se designou por “ficha de controlo”, cujo modelo se encontra em anexo (ANEXO 3), onde os alunos tinham que registar as suas previsões, observações e explicações dos fenómenos observados.

No sentido de evitar atrasos aquando da realização das actividades experimentais e respectivas discussões, foi previamente explicada a metodologia a seguir nas aulas. Assim, os

alunos foram informados de que, no início de cada aula, seriam distribuídos os protocolos experimentais e uma ficha de controlo. Foi-lhes apresentado um modelo da mesma, e explicou-se-lhes como deveria ser feito o seu preenchimento, ou seja, foi-lhes dito que, perante cada protocolo experimental, e antes da realização da respectiva actividade experimental, estes deveriam procurar preencher o primeiro item da ficha de controlo respeitante às suas previsões. Depois, à medida que fossem realizando a actividade experimental, deveriam preencher a parte respeitante às observações, observações essas que seriam apresentadas à turma para que, com a ajuda da professora, se fizesse uma selecção daquelas que se apresentassem como as mais relevantes para o trabalho em causa. Feita essa selecção, e ficando registadas no quadro da sala de aula as observações seleccionadas, os alunos deveriam preencher o terceiro item, correspondente às suas explicações das observações seleccionadas (“explicações pré-discussão”). Seguidamente, as explicações formuladas por cada grupo de trabalho deveriam ser apresentadas à turma e discutidas em conjunto (alunos e professora) para que depois cada grupo pudesse elaborar as suas explicações finais (“explicações pós-discussão”).

A exploração das actividades experimentais com utilização das fichas de controlo decorreu, então, em três fases. Na primeira fase, os alunos eram estimulados a expor as suas ideias em relação aos conteúdos em estudo, apresentando as suas previsões dos fenómenos a observar no decorrer da actividade experimental. A segunda fase diz respeito às observações efectuadas pelos alunos aquando da realização das actividades experimentais, as quais poderão constituir o “conflito cognitivo” já referido na subsecção 2.2.8, ponto 2, já que os alunos eram levados a verificar a desadequação ou insuficiência das ideias expressas na primeira fase. Por fim, na terceira fase, correspondente à discussão das ideias manifestadas pelos alunos nas suas explicações dos fenómenos observados, procedia-se ao reforço das ideias adquiridas.

Esta sequência de ensino é semelhante à levada a cabo por Nussbaum (Nussbaum e Novick, 1982; Nussbaum, 1985) que assenta no pressuposto de que os alunos aprendem melhor os conceitos que se lhes pretende ensinar se os mesmos tiverem oportunidade de expor as suas próprias ideias e discuti-las, sendo a validade da mesma testada por recurso a experiências convenientes.

O número de aulas necessárias para a realização das sete actividades experimentais e respectiva discussão foi de nove, já que as mesmas foram sendo realizadas ao ritmo de uma

por aula, à excepção das actividades n.ºs 3C e 4 que, sendo de execução mais morosa, implicaram que a discussão fosse realizada na aula seguinte. Para tornar possível a execução das actividades numa aula de 50 minutos, procurou-se sensibilizar os alunos para a necessidade de estes se apresentarem na sala de aula sem atrasos, o que se concretizou. Também no sentido de evitar atrasos, todo o material de laboratório necessário para cada uma das actividades experimentais foi previamente reunido e colocado em tabuleiros individuais. Os protocolos experimentais foram igualmente colocados nos respectivos tabuleiros com o objectivo de identificar com facilidade cada uma das actividades experimentais e desta forma evitar quaisquer confusões que pudessem atrasar o início de cada aula. Foi explicado aos alunos, numa aula anterior ao início da realização das actividades experimentais, que, devido à carência de material de laboratório, só era possível realizar uma montagem experimental por actividade. Daí que se tivesse optado pelo estabelecimento de sete grupos de trabalho, planeando-se que cada um deles realizaria uma das sete actividades propostas. Na formação dos grupos de trabalho, foi dada total liberdade de escolha aos alunos, pois pretendia-se que cada aluno se sentisse bem no grupo em que estivesse inserido para que todos pudessem participar activamente nos trabalhos a realizar. A questão da desigualdade dos grupos em termos de capacidades cognitivas não constituiu problema, uma vez que a turma era bastante homogénea, contendo apenas dois elementos que se destacavam positivamente, os quais ficaram em grupos distintos. O único cuidado que houve foi em relação a um aluno que apresentava grandes dificuldades de aprendizagem, pertencendo ao ensino especial por ter grandes dificuldades auditivas (elevado grau de surdez), tendo-se optado por inserir esse elemento num dos grupos de três alunos que, refira-se, não incluía nenhum dos dois alunos que se destacavam dos outros, isto para que se desse maior oportunidade de intervenção ao aluno em questão. Saliente-se que todas as aulas decorreram sem quaisquer incidentes, apesar do maior barulho e agitação naturais de uma aula de trabalho em grupo com alunos desta faixa etária.

4.5. *Recolha de dados*

A questão da inventariação e caracterização das concepções alternativas dos alunos tem sido, como já se referiu, alvo de interesse por parte de um grande número de

investigadores. Assim, vários instrumentos têm sido utilizados para a obtenção de informação, instrumentos esses que têm como principal objectivo a procura do conteúdo do pensamento do aluno e não a verificação da correcção científica de tal pensamento. Assim, dos instrumentos de recolha de dados disponíveis em investigação em educação, e de acordo com a literatura, serão de destacar os seguintes:

1. *Questionário escrito* – É considerada «a forma mais fácil e económica de obtenção de informação» (Arends, 1995, p. 530), embora apresente como desvantagem a dificuldade de elaboração de questões que explorem os assuntos em profundidade. Nele podem ser usadas técnicas desde a associação livre de palavras ou expressões, a interpretação de desenhos, questões de escolha múltipla, a definição livre de palavras, etc.
2. *Entrevista* – É o instrumento que permite a obtenção de informação mais detalhada, uma vez que o aluno tem a oportunidade de expor o seu raciocínio. No entanto, é um método extremamente moroso, o que implica o uso de amostras pequenas, e que exige uma boa preparação por parte do professor enquanto investigador. As entrevistas podem apresentar-se de diferentes formas. Tal como refere Santos (1998), podem ser individuais ou colectivas, mais ou menos livres, mais ou menos dirigidas e com recurso frequente ao *método clínico de Piaget* – “método de observação que consiste em deixar falar a criança e em anotar a maneira pela qual o seu pensamento se desenvolve”.
3. *Observação* – A observação directa de alunos e professores em diferentes situações, tais como discussões, resolução de problemas, execução de trabalhos experimentais, etc., permite a recolha de grande número de informações. Uma das formas de recolha de informação, considerada como a melhor, é o registo áudio ou vídeo da aula com posterior análise de comportamentos específicos, sendo que o registo vídeo é de extrema importância no caso de comportamentos não-verbais.
4. *Notas e diários* – É um instrumento especialmente útil no caso do estudo do comportamento de um único aluno, sendo que as observações efectuadas na sala de aula são passadas ao papel logo após o acontecimento. As notas e os diários, para além de permitirem a recolha de informação acerca de acontecimentos na sala de aula e de

comportamentos de professores e alunos, permitem também realizar o «estudo sistemático de determinados aspectos do ensino não susceptíveis de observação directa, tais como processos de pensamento do professor» (Arends, 1997, p. 532).

A opção por um ou outro instrumento de recolha de dados depende, sobretudo, do tipo de informações que se pretende obter e do tempo disponível para a recolha das mesmas. Também se apresentam como de maior utilidade num trabalho de investigação, os instrumentos que permitem a quantificação dos dados obtidos.

Neste estudo optou-se pela utilização de três instrumentos de recolha de dados. Assim, foram utilizados a observação directa, as notas (“fichas de controlo”) e um questionário (de perguntas fechadas).

No que diz respeito à *observação*, esta é de extrema importância quando se trata de investigação em educação em ciência, uma vez que o campo específico da ciência é a realidade empírica, isto é, os fenómenos que “interessam” à ciência são aqueles que se podem ver, sentir, tocar, etc. Assim, em todo o estudo científico, a observação tem de estar presente, não só como ponto de partida para o estudo, mas também como meio para verificar e validar os conhecimentos adquiridos. De uma forma ou de outra, a observação abrange todos os procedimentos utilizados no trabalho de pesquisa, pois, tal como diz Minon, “Não se trata apenas de ver, mas de examinar. Não se trata apenas de entender, mas de auscultar. Trata-se também de ler documentos na medida em que estes não só nos informam dos resultados das observações e pesquisas feitas por outros, mas traduzem também a reacção dos seus autores” (Rudio, 1986, p. 39).

Embora a observação seja um dos métodos mais frequentemente usados em investigação em educação, considerou-se que esta, por si só, não seria suficiente, uma vez que há determinados factores que a condicionam, podendo, quando mal geridos, conduzir a conclusões erradas. Um desses factores é a complexidade da sala de aula, onde, porque os acontecimentos ocorrem com relativa rapidez e num ambiente algo complexo, os professores acabam por estabelecer diariamente milhares de interacções com os alunos, sendo que, nas aulas em que o professor organiza pequenos grupos a trabalharem simultaneamente, tal como aconteceu, o professor tem necessidade de uma maior rapidez e as interacções tornam-se ainda mais complexas. O outro factor condicionante da observação tem a ver com a própria

experiência do professor, não só enquanto investigador, mas também como pessoa. Assim, aquilo que o professor-observador percebe e aprende com as suas observações na sala de aula é inevitavelmente influenciado por um conjunto de receios e distorções, tais como conceitos que ele possa ter em relação àquilo que é um ensino eficaz, valores relativos ao comportamento adequado a ter com os jovens, atitudes e experiências passadas enquanto aluno, etc. Pode-se então concluir que, embora a observação seja uma abordagem útil, que permite desvendar um conjunto de fenómenos específicos e que permite ainda dar um sentido a factos descritos por outros métodos, esta técnica deve ser utilizada com precauções, só fazendo sentido a sua utilização quando previamente se define aquilo que se pretende observar e quando a problemática e as hipóteses de trabalho estão bem claras (observação sistemática). É essencial não ignorar que os dados recolhidos devem ser interpretados em função das condições didácticas que lhes deram origem.

Tendo em conta os factores anteriormente descritos, optou-se pela utilização das fichas de controlo (referidas na secção 4.4), as quais tornaram mais fácil a gestão do ambiente da sala de aula, uma vez que não houve necessidade, por parte da professora, de registar sistematicamente as suas observações, embora algumas notas tivessem sido registadas quando tal se justificava. Isso permitiu-lhe a prestação de um maior apoio aos grupos de trabalho e a orientação das experiências a realizar. Também o facto de não ter sido possível utilizar material áudio nem vídeo, que facilitariam a recolha e análise de informação, levaram a que se optasse pela utilização das fichas de controlo.

Em relação ao *questionário*, e como se pode verificar pela análise do modelo do questionário experimental utilizado (ANEXO 2), procurou-se que as questões formuladas fossem simples e claras para os alunos e que as palavras utilizadas fossem precisas por forma a evitar qualquer ambiguidade. Assim, por exemplo, na questão número nove, lembrou-se previamente o significado de densidade (ou massa volúmica), uma vez que o objectivo desta questão, e de todas as outras em que se fazia referência a esta grandeza física, não era o de conhecer o seu significado, mas sim procurar estabelecer relações desta com questões respeitantes à constituição e estrutura da matéria. Houve também algum cuidado no que respeita à ordenação das questões, tendo-se procurado estabelecer uma sequência lógica de conteúdos.

Giordan e De Vecchi (1987) referem que os questionários de resposta aberta têm a vantagem de, para além de conduzirem a respostas de conteúdo descritivo, permitirem ao

investigador não revelar as suas próprias motivações e concepções, podendo as respostas ser retomadas e explicitadas com mais pormenor. No entanto, tendo em conta a existência das fichas de controlo em que os alunos podiam explicitar as suas ideias em relação aos conteúdos em estudo, optou-se por um questionário de escolha múltipla (questionário de perguntas fechadas), não só por se considerar ser mais fácil a análise do mesmo, mas também por se acreditar que para os alunos este tipo de questão é de mais fácil resposta do que as perguntas de desenvolvimento. De qualquer forma, admitiu-se a possibilidade de os alunos responderem às questões sem qualquer raciocínio prévio, ou seja, ao acaso, até porque estes sabiam que não iam ser avaliados (no final do ano) em função das respostas dadas. No sentido de evitar tal situação, o questionário não foi entregue aos alunos sem antes lhes dar conta da importância das suas respostas, tendo-se procurado criar uma certa motivação nos alunos em relação à sua importância individual no trabalho que estava a ser realizado. Os alunos foram ainda alertados para o facto de o questionário ser de carácter individual.

A elaboração do questionário foi delineada com base, sobretudo, na pesquisa bibliográfica realizada, e referida no capítulo 2, mas também tendo em conta as dificuldades apresentadas pelos alunos (das turmas piloto e experimental) nas aulas ditas “tradicionais”. Este primeiro questionário foi depois submetido a uma análise crítica por parte de professores dos Departamentos de Química e de Física da Universidade do Porto e também por duas professoras do ensino secundário do 4º grupo A (que leccionavam na escola onde o estudo foi realizado e que, portanto, tinham conhecimento próximo do tipo de alunos aos quais se destinava o questionário). Procurou-se que esta análise tivesse especial incidência nos seguintes aspectos: - clareza, objectividade e correcção científica das questões colocadas; - simplicidade e acessibilidade em termos da linguagem utilizada; - adequação do questionário ao nível etário dos alunos e aos objectivos do tema em estudo; - aspectos em omissão; - extensão do questionário (pretendia-se que este pudesse ser respondido em não mais que trinta minutos).

4.6. Conteúdos abordados no estudo

As actividades experimentais levadas a cabo no estudo piloto foram seleccionadas, como já se referiu, tendo em conta, sobretudo, as principais dificuldades manifestadas pelos

alunos no pré-teste. Assim, procurou-se elaborar actividades experimentais relativas a todos os conteúdos abrangidos pelo questionário. Consequentemente, as perguntas do questionário estão intimamente relacionadas com os conteúdos que cada actividade experimental pretendia explorar. Por forma a facilitar a percepção da relação existente entre as actividades experimentais e as perguntas do questionário, em termos de conteúdos científicos abrangidos, apresentam-se, na tabela 4.2, os principais conteúdos abrangidos por cada actividade experimental, e o número da pergunta do questionário em que os mesmos conteúdos são abordados. Também se faz referência aos conteúdos abrangidos pela ficha de trabalho (FT) e sua relação com as actividades experimentais.

Tabela 4.2 – Relação, em termos de conteúdo científico abrangido, entre actividades experimentais (AE), questionários e ficha de trabalho.

AE	Conteúdos	Questões
1	Descontinuidade da matéria (existência de espaços vazios)	1
	Movimento corpuscular	2
	Relação entre temperatura e agitação corpuscular	3
2	Relação entre temperatura, agitação corpuscular, forças intercorpúsculares e mudanças de estado	4, 5, FT
	Sublimação	6
3A	Relação entre temperatura e espaços intercorpúsculares	7, 8
	Relação entre volume e espaços intercorpúsculares	7, 9, 10, 13
3B	Relação entre pressão e espaços intercorpúsculares	8
3C	Relação entre material que constitui um corpo e espaços intercorpúsculares	12, 13
3D	Relação entre estado físico e espaços intercorpúsculares	9, 10
	Densidade – caso particular da água	9
	Conservação da massa nas transformações físicas (mudanças de estado)	11
4	Densidade – independente da massa e do volume dos corpos	10, 12

4.7. Tratamento e análise de dados

A análise dos resultados obtidos com os dois principais instrumentos de recolha de dados utilizados, nomeadamente os questionários e as fichas de controlo, foi feita tendo em conta os objectivos definidos para o presente trabalho de investigação.

Assim, por forma a satisfazer o primeiro objectivo definido, procedeu-se a uma análise de conteúdo das fichas de controlo (semelhante à utilizada nos trabalhos de investigação levados a cabo por Brook, Briggs e Bell em 1983 e por Griffiths e Preston em 1992), sendo analisadas as ideias apresentadas pelos alunos dos diferentes grupos de trabalho, em cada uma das actividades experimentais, nos pontos 3 e 4 das respectivas fichas, ou seja, nos pontos correspondentes às explicações apresentadas pelos alunos antes e depois da discussão oral grupos/ turma, identificadas como “explicações pré-discussão” e “explicações pós-discussão”, respectivamente. Tendo em conta a metodologia de ensino levada a cabo e os objectivos do presente trabalho, considerou-se pouco relevante uma análise dos pontos 1 e 2 das fichas de controlo, nomeadamente o respeitante às previsões e às observações dos alunos, pois a metodologia de ensino implementada teve como ponto forte a discussão oral de ideias e esta actuou apenas ao nível das explicações formuladas pelos alunos, ou seja, nem previsões nem observações foram alvo de discussão. No entanto, optou-se por, na apresentação dos dados obtidos, incluir as ideias apresentadas pelos alunos nos pontos 1 e 2 (previsões e observações), pois considerou-se que, para outro tipo de trabalho de investigação, estas ideias poderiam ter algum interesse.

Com base na análise referida, e de acordo com a semelhança das ideias encontradas, estas foram agrupadas e incluídas numa das seguintes categorias:

- **Categoria IC** (ideias correctas) – esta categoria inclui as ideias consideradas cientificamente correctas e completas, ou seja, ideias que contemplam todos os aspectos necessários para que fossem consideradas cientificamente correctas, aspectos esses se apresentam, para cada actividade experimental, aquando da respectiva análise (secção 5.3), e que foram definidos com o apoio de docentes do Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto tendo por base a consulta do programa de Ciências Físico-Químicas do 8º ano e de manuais escolares do mesmo ano.

- **Categoria II** (ideias incompletas) – esta categoria inclui as ideias que se apresentavam como parcialmente correctas, ou seja, ideias que, não apresentando importantes incorrecções, abrangiam apenas alguns aspectos das ideias correctas.
- **Categoria IA** (ideias alternativas) – esta categoria inclui as ideias que, não sendo consideradas cientificamente correctas, possuem, do ponto de vista dos alunos, coerência suficiente para explicarem os fenómenos observados.
- **Categoria OI** (outras ideias) – esta categoria inclui todas as ideias que não puderam ser incluídas em nenhuma das categorias anteriores, como é o caso das situações em que não se conseguiu compreender a lógica da ideia apresentada e também situações em que os alunos repetem ideias anteriores (por exemplo: no espaço reservado às explicações, houve situações em que os alunos se limitaram a escrever novamente as suas observações, não apresentando quaisquer explicações). Também se incluiu nesta categoria todas as ideias que constituíam explicação correcta de fenómenos observados, mas não daqueles que haviam sido seleccionados para serem alvo de explicação.

Após esta categorização, determinou-se a frequência absoluta dos diferentes tipos de ideias encontradas (IC, II, IA ou OI) nas duas situações em análise, ou seja, antes da discussão grupos/ turma (ideias apresentadas no ponto 3 da ficha de controlo) e após essa mesma discussão (ideias apresentadas no ponto 4 da ficha de controlo).

Por comparação dos valores de frequências absolutas encontrados, foi possível avaliar a mudança conceptual, tendo-se considerado que esta ocorria sempre que se verificava uma das seguintes evoluções:

- IA → IC ou II;
- II → IC;
- II → II (desde que a segunda ideia apresentada contivesse mais elementos da IC);

Pelo contrário, considerou-se haver regressão dos conhecimentos dos alunos sempre que se verificou a ocorrência de uma das seguintes situações:

- IC $\rightarrow$ II, IA ou OI;
- II $\rightarrow$ IA ou OI.

No que respeita ao segundo objectivo deste trabalho, e como já foi referido na subsecção 4.3.2, considerou-se que a resposta ao mesmo seria conseguida através da análise comparativa dos dois questionários utilizados, pré e pós-testes. Assim, são feitos dois tipos de análise, uma de natureza quantitativa e outra de natureza qualitativa. Em termos de *análise quantitativa*, começa-se por fazer um teste *t de Student* para avaliar o significado estatístico das diferenças entre as médias obtidas nas duas medições temporalmente distintas da mesma amostra e assim concluir se a metodologia de ensino em estudo é eficaz no tratamento das concepções alternativas dos alunos. Depois, com o objectivo de verificar quais os ganhos efectivos de aprendizagem por parte de cada aluno da turma experimental, apresenta-se um diagrama de dispersão com os resultados obtidos, por cada aluno, nos pré e pós-testes, e representa-se a respectiva recta de regressão linear. Os ganhos de aprendizagem obtêm-se por diferença entre cada valor obtido no pós-teste e o correspondente valor esperado (na subsecção 5.2 apresenta-se a descrição detalhada dos dois métodos de análise quantitativa utilizados). A análise detalhada da recta de regressão obtida permite ainda concluir quais os alunos mais beneficiados com a implementação da metodologia de ensino em estudo. Em relação à *análise qualitativa*, para cada questão é feita uma análise em termos de respostas mais frequentes, quer no pré-teste quer no pós-teste, procurando-se inferir as ideias sustentadas pelos alunos do 8º ano em relação aos conteúdos em estudo, e, por comparação dos resultados obtidos nos dois testes, procura-se concluir acerca da evolução dessas mesmas ideias.

Capítulo 5 – Apresentação, análise e discussão de resultados

5.1. Introdução

Neste capítulo, faz-se a apresentação e análise dos dados recolhidos no estudo realizado com os alunos da turma experimental, sendo os resultados da análise discutidos em função dos objectivos definidos no capítulo 1. Assim, na secção 5.2, faz-se a apresentação dos dados recolhidos através dos questionários, os quais são submetidos a dois tipos de análise, uma de natureza quantitativa e outra de natureza qualitativa. Em seguida, na secção 5.3, faz-se a apresentação e análise dos dados recolhidos através das fichas de controlo. Por fim (secção 5.4), tendo por base a análise efectuada, procede-se à discussão dos resultados obtidos.

A tabela 5.1 indica a distribuição dos 19 alunos (A1 a A19) pelos 7 grupos de trabalho.

Tabela 5.1 – Constituição dos grupos de trabalho

Grupos	1	2	3	4	5	6	7
Alunos	A2	A1	A6	A14	A17	A10	A11
	A 3	A4	A7	A15	A18	A12	A13
	A 5	A 9	A8	A16	A19		

A apresentação desta tabela é feita meramente a título informativo, uma vez que se optou por não proceder a nenhuma análise de relação a nível individual (aluno a aluno) entre os resultados dos questionários e as ideias manifestadas por cada grupo de trabalho nas fichas de controlo.

5.2. Questionários

A aplicação do questionário teve dois objectivos: (1) diagnosticar as concepções alternativas mais frequentes nos alunos da turma experimental, antes e depois da implementação da metodologia de ensino “construtivista”, e compará-las com as ideias já diagnosticadas por diversos autores e referidas na literatura; (2) constituir um elemento de

avaliação da metodologia de ensino implementada, por comparação dos resultados obtidos no pré-teste com os do pós-teste.

Por forma a satisfazer estes dois objectivos, e como já foi referido, proceder-se-á a dois tipos de análise:

1. *Análise de natureza quantitativa* – São feitos dois tipos de análise quantitativa, sendo que, em primeiro lugar, se procede à realização de um teste *t de Student*, que permitirá comparar os resultados obtidos nos pré e pós-testes (teste *t de Student* para comparação dos dados obtidos em duas medidas temporalmente distintas da mesma amostra) e concluir acerca da eficácia da metodologia de ensino implementada. Depois, constrói-se um diagrama de dispersão com os resultados obtidos por cada aluno nos pré e pós-testes, e procede-se à representação da respectiva recta de regressão linear, a partir da qual será possível calcular os “ganhos de aprendizagem” obtidos por cada aluno e ainda verificar quais os alunos que mais beneficiaram com a implementação da metodologia de ensino em estudo, assim como concluir acerca da eficácia da mesma.

2. *Análise de natureza qualitativa* - São analisadas as respostas fornecidas pelos alunos em cada uma das questões, com o objectivo de fazer um levantamento das principais ideias alternativas sustentadas pelos alunos da turma experimental. Assim, por comparação das ideias apresentadas antes e depois da implementação da metodologia de ensino em estudo, será possível concluir acerca da eficácia da mesma.

5.2.1. Análise quantitativa

Por forma a ser possível analisar quantitativamente os resultados obtidos nos pré e pós-testes, foi atribuída a cotação de 0 pontos a cada resposta errada e a cotação de 1 ponto a cada resposta correcta, perfazendo cada teste um máximo de 13 pontos. Os resultados assim obtidos encontram-se registados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Classificações (em pontos) obtidas pelos alunos (A1 a A19) nos questionários (* - pré-teste; ** - pós-teste.)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
*	5	6	3	3	3	3	6	3	3	7	7	4	6	6	7	2	7	2	1
**	11	11	10	8	9	9	13	10	11	13	11	10	9	9	12	11	11	10	7

TESTE *t* de STUDENT

Para este teste, considerou-se como **hipótese nula** (H_0) a situação de não haver uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos nos pré e pós-testes, ou seja, a situação em que se considera ser não eficaz (não produzir mudança conceptual) a metodologia de ensino implementada. Pelo contrário, a **hipótese experimental** (ou hipótese alternativa) (H_1) corresponde à situação em que há diferença significativa em termos estatísticos entre os resultados obtidos nos dois testes, considerando-se que a metodologia implementada é eficaz (produz mudança conceptual) no caso de ser esta a hipótese válida.

Os cálculos necessários à realização do presente teste estatístico encontram-se em anexo (ANEXO 6) e conduziram ao valor de 17,714 para a estatística *t* experimental (t_0). A consulta da tabela com os valores da estatística *t* (t_c) permite verificar que, para um nível de significância de 0,05, $t_c = 2,101$.

Uma vez que os resultados do teste *t de Student* revelam que $t_0 (=17,714) \gg t_c (=2,101)$, rejeita-se a hipótese nula (H_0). Assim, conclui-se que a metodologia de ensino implementada foi eficaz, ou seja, conduziu a uma mudança significativa em termos dos conhecimentos dos alunos relativamente à situação pós-ensino “tradicional”.

REGRESSÃO LINEAR

Para proceder a esta análise, fez-se a representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste, e construiu-se a respectiva recta de regressão linear, tal como se apresenta na figura 5.1, à qual corresponde a seguinte equação:

$$y = 0,4826 x + 8,2348$$

$$(r^2 = 0,4185)$$

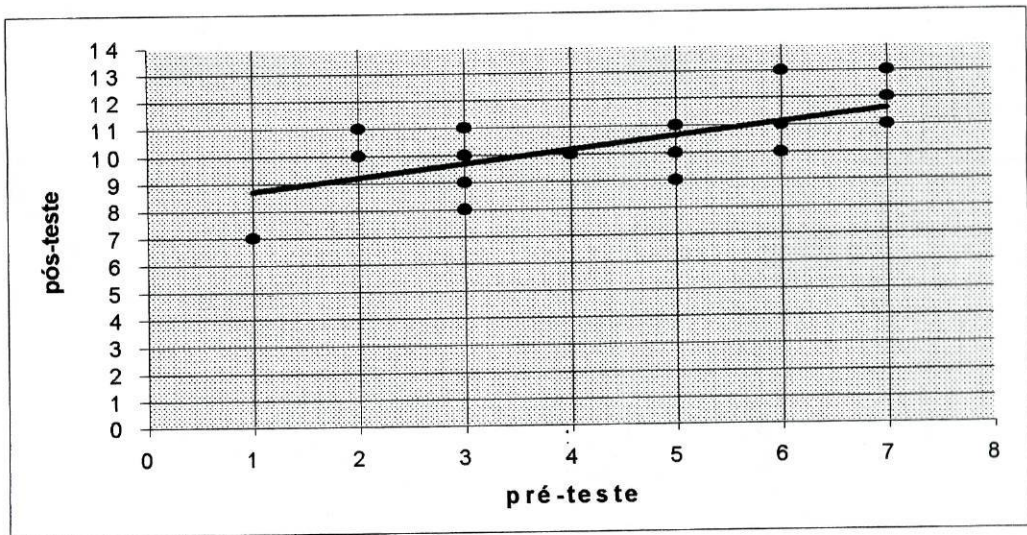


Figura 5.1 – Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste, e apresentação da respectiva recta de regressão linear.

A partir da representação gráfica anterior, foi possível determinar, para cada aluno, os ganhos de aprendizagem. Estes correspondem à diferença entre o resultado obtido por cada aluno no pós-teste e o respectivo valor esperado, isto é, o valor que se obtém substituindo x na equação da recta de regressão, apresentada no gráfico, pelo valor obtido no pré-teste (Glass & Hopkins, 1984). Os resultados assim obtidos encontram-se registados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Ganhos de aprendizagem

Alunos	Cotação		Valor esperado no pós-teste	Ganhos de aprendizagem
	Pré-teste	Pós-teste		
A1	5	11	10,6	0,4
A2	6	11	11,1	-0,1
A3	2	10	9,2	0,8
A4	3	8	9,7	-1,7
A5	5	9	10,6	-1,6
A6	3	9	9,7	-0,7
A7	6	13	11,1	1,9
A8	3	10	9,7	0,3
A9	3	11	9,7	1,3
A10	7	13	11,6	1,4
A11	7	11	11,6	-0,6
A12	4	10	10,2	-0,2
A13	5	10	10,6	-0,6
A14	6	10	11,1	-1,1
A15	7	12	11,6	0,4
A16	2	11	9,2	1,8
A17	7	11	11,6	-0,6
A18	2	10	9,2	0,8
A19	1	7	8,7	-1,7

Como se pode verificar por análise da tabela 5.3, houve alunos que apresentaram ganhos de aprendizagem de valor negativo. Tais valores não significam que tenha havido regressão em termos dos conhecimentos desses alunos, mas sim que os alunos que apresentaram tais ganhos são aqueles que se apresentam como os menos sensíveis às estratégias de ensino utilizadas. Assim, embora tenham melhorado os seus desempenhos do pré para o pós-teste, já que todos tiveram maior cotação no pós-teste, fizeram-no de uma forma abaixo da média.

Considerando que os melhores alunos são aqueles que tiveram maior cotação no pré-teste, seria de esperar que a estes correspondessem os menores ganhos de aprendizagem, já que “quanto mais se sabe, menos há para aprender”, o que se verificou para a maioria dos “bons alunos”, constituindo os alunos A7 e A10 exceções (NOTA: Uma vez que a cotação máxima obtida no pré-teste foi de 7 pontos, considerou-se “bons” alunos aqueles que, no

pré-teste, haviam tido cotação superior ou igual a 4, o que corresponde a algo mais que 50 % da cotação máxima obtida).

Qualquer recta de regressão que apresentasse declive unitário e uma ordenada na origem não negativa, corresponderia, ou à situação em que todos os alunos mantinham as suas cotações iniciais, não beneficiando com a implementação da metodologia, ou à situação em que todos os alunos beneficiavam da mesma forma com a metodologia de ensino implementada, ou seja, tinham todos os mesmos ganhos de aprendizagem. No primeiro caso, a ordenada na origem correspondente à recta de regressão linear obtida teria valor igual a zero, o que indicaria que a metodologia de ensino em estudo não havia produzido ganhos em nenhum dos elementos da turma. Pelo contrário, na segunda situação, a ordenada na origem seria tanto maior quanto maior o ganho de aprendizagem da turma em geral. Um declive superior a 1 indicaria serem os melhores alunos os que mais beneficiavam com a implementação da metodologia, enquanto que um declive inferior a 1 corresponderia à situação de maior ganho relativo para os piores alunos. Por outro lado, quanto mais próximo de 1 fosse o declive, mais abrangente seria a metodologia, ou seja, conseguia beneficiar de forma semelhante todos os alunos. O caso particular de uma recta de declive nulo com ordenada na origem de valor igual à cotação máxima do questionário (13 valores), traduziria a situação em que, após a implementação da metodologia de ensino em estudo, todos os alunos haviam ficado totalmente esclarecidos em relação aos conteúdos em estudo.

Como se pode verificar, a recta obtida apresenta declive inferior a 1. Assim, conclui-se terem sido os piores alunos a beneficiarem mais com a implementação da metodologia em estudo. No entanto, considerando-se que o declive é pouco acentuado, pode-se concluir que a diferença entre “bons” e “maus” alunos, em termos de ganhos de aprendizagem, não foi muito significativa. Quanto ao valor da ordenada na origem correspondente à situação em estudo, este é aproximadamente 8, o que corresponde a cerca de 62 % da cotação total do questionário. Assim, parece ser razoável admitir que a metodologia de ensino implementada conduziu a ganhos de aprendizagem bastante significativos para os alunos em geral.

5.2.2. Análise qualitativa

Os resultados obtidos nos pré e pós-testes apresentam-se na tabela 1 (ANEXO 7). Para cada questão, a resposta cientificamente correcta é apresentada, nessa tabela, destacada das restantes (a sombreado, na segunda coluna referente a cada aluno), sendo apresentada também a frequência absoluta das respostas dadas pelos alunos. Para cada aluno é assinalada com o símbolo ✓ a resposta fornecida em cada um dos questionários. Também se apresenta, em termos percentuais, a quantidade de respostas erradas fornecidas pelos alunos em cada uma das questões (% erro).

Por forma a simplificar a apresentação dos resultados, foi utilizada a seguinte simbologia (Tabela 5.4):

Tabela 5.4 – Simbologia usada nas tabelas de resultados

Símbolos	Significado
A1 a A19	Alunos (nº.s 1 a 19)
*	Pré-teste
* *	Pós-teste
Freq. Abs.	Frequência absoluta das respostas dadas

Refira-se que, nos questionários, nenhum aluno regrediu em termos de conhecimentos, isto é, os alunos que responderam correctamente a determinadas questões no pós-teste, haviam já, no pré-teste, respondido correctamente às mesmas questões. Para além disso, passaram a acertar num maior número de questões, ou seja, evoluíram conceptualmente. Assim, na análise que se segue, a percentagem de alunos com resposta correcta que se apresenta no pós-teste corresponde aos alunos que já haviam acertado no pré-teste mais os que passaram a acertar.

QUESTÃO N.º 1 – Perguntava-se o que existiria entre as unidades estruturais da matéria e verificou-se o seguinte:

- Pré-teste - A maior parte dos alunos (10 alunos - 53 %) optou pela escolha da hipótese B respondendo que entre as unidades estruturais da matéria existiria ar. Embora 8 alunos (42 %) admitissem a possibilidade de existência de espaços vazios, ideia contemplada pelas hipóteses A e C, apenas 5 desses alunos (26 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A, sendo que os restantes 3 alunos (16 %) responderam que os espaços intercorpúsculares poderiam ser constituídos por ar ou espaços vazios conforme a substância que se estivesse a considerar (hipótese C). Apenas 1 aluno (5 %) considerou a possibilidade de existirem poeiras ou gases nos espaços intercorpúsculares (hipótese D);
- Pós-teste – 11 alunos (58 %) responderam correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese A. Os restantes 8 alunos (42 %) optaram pela escolha da hipótese C que admite a possibilidade de ar ou espaços vazios entre os corpúsculos da matéria. Saliente-se que destes 8 alunos, 3 haviam já escolhido esta hipótese no pré-teste e os restantes 5 alunos haviam todos escolhido a hipótese B (“existência de ar”).

Observações:

Embora a percentagem de erro obtida no pré-teste (74 %) tivesse diminuído com a implementação da estratégia em estudo, continuou algo elevada no pós-teste (42 %). No entanto, há que ter em conta que, após a implementação da estratégia de ensino, todos os alunos (100 %) passaram a admitir a existência de espaço vazio, uma vez que essa ideia surgia quer na hipótese A quer na C. Assim, embora a hipótese C esteja incorrecta, pode-se considerar positivo o facto dos alunos terem optado por esta em detrimento da hipótese B, uma vez que a hipótese C contém elementos da resposta correcta. Assim, poder-se-á considerar que terá havido evolução a nível do pensamento dos alunos, tendo em conta o grau de abstracção que a ideia da existência de espaço vazio exige.

QUESTÃO Nº. 2 – Pretendia-se saber o que os alunos pensavam em relação ao estado cinético das unidades estruturais da matéria e verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – A possibilidade das unidades estruturais da matéria possuírem movimento, ideia contemplada pelas hipóteses A, C e D, foi admitida por todos os alunos à excepção de 1, que considerou que estas estariam em repouso. No entanto, dos 18 alunos que admitiram a existência de movimento, apenas 11 (58 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A (“movimento corpuscular constante”), sendo que os restantes 7 alunos consideraram que a existência de movimento dependia ou da temperatura (hipótese D – 5 alunos – 26 %) ou da substância que se estivesse a considerar (hipótese C – 2 alunos – 11 %);
- Pós-teste – Dos 5 alunos que no pré-teste haviam optado pela hipótese D (movimento dependente da temperatura), apenas 2 mantiveram essa ideia após a implementação da estratégia em estudo, sendo que os restantes 3 alunos optaram, no pós-teste, pela escolha da resposta correcta (hipótese A), assim como os 3 alunos que haviam escolhido, no pré-teste, as hipóteses B ou C. Sendo assim, 17 alunos (89 %) responderam correctamente à questão colocada.

Observações:

O facto de no pós-teste haver ainda 2 alunos a manterem a ideia de que o estado cinético das unidades estruturais da matéria depende da temperatura (hipótese D), poderá resultar da influência que a temperatura efectivamente tem sobre o movimento corpuscular, o que aliás foi outro dos assuntos testados neste estudo e em relação ao qual os alunos em questão manifestaram ideias correctas (na questão nº. 3, os dois alunos demonstraram, em ambos os testes, conhecer bem a relação existente entre temperatura e agitação corpuscular, já que responderam correctamente à questão colocada).

QUESTÃO N.º 3 – A ideia testada era a da relação entre temperatura e agitação corpuscular. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste - Apenas 1 aluno (A8) não admitiu a influência da temperatura na agitação corpuscular, optando pela escolha da hipótese C. Embora a maior parte dos alunos (13 alunos - 68 %) tenha escolhido a hipótese correcta (hipótese A), 5 alunos (26 %) consideraram que a alteração do movimento das partículas estaria dependente da substância que se estivesse a considerar (hipótese D);
- Pós-teste – Apenas 2 dos 5 alunos que no pré-teste haviam considerado que a alteração do movimento dos corpúsculos com a temperatura estaria dependente da substância (hipótese D) mantiveram essa ideia após a estratégia utilizada. Os restantes 17 alunos (89 %) responderam correctamente à questão colocada.

Observações:

O aluno A8, na questão n.º. 2 do pré-teste, havia escolhido a hipótese B (ausência de movimento das unidades estruturais da matéria). Assim, a situação (acima descrita) verificada com este aluno na questão n.º. 3 do pré-teste poderá evidenciar uma das características das concepções alternativas que é o facto de estas serem construídas no prolongamento de outras concepções que, embora erradas, são consideradas correctas pelos alunos (CA'S – esquemas dotados de uma certa *coerência interna*), pois, tendo o aluno considerado na questão n.º. 2 que os corpúsculos estariam em repouso, é natural que na questão n.º. 3 opte pela hipótese C (as unidades estruturais “não sofrem alteração da sua agitação” com o aumento da temperatura), até porque qualquer uma das outras hipóteses não teria muita lógica em questões de linguagem, pois algo que está em repouso não pode ficar “mais” ou “menos” agitado com uma variação de temperatura. Para isso teria já que “ter agitação”.

Em relação aos alunos A3 e A19, que no pós-teste mantiveram a escolha da hipótese D (o aumento ou a diminuição do estado de agitação dos corpúsculos depende da substância que se está a considerar), há que referir que, também na questão n.º. 2 do pré-teste, estes haviam considerado que o tipo de substância influenciava o estado cinético dos corpúsculos (hipótese C). Assim, mais uma vez a característica “coerência interna” das concepções alternativas é evidenciada.

QUESTÃO Nº. 4 – Procurava-se saber o que os alunos pensavam acerca da influência da temperatura e da pressão nas mudanças de estado, nomeadamente na vaporização. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – Praticamente todos os alunos (16 alunos – 84 %) sabiam que um aumento da temperatura favorece a vaporização (hipótese B). No entanto, houve 3 alunos que responderam de forma incorrecta a esta questão, sendo que 2 alunos (A12 e A15 – 11 %) consideraram ser mais fácil a vaporização por arrefecimento (hipótese A) e apenas 1 aluno (A3 – 5 %) não admitiu a influência nem da temperatura nem da pressão na mudança de estado em questão, optando pela escolha da hipótese D (“Nenhuma das hipóteses anteriores é válida”);
- Pós-teste – Todos os alunos responderam correctamente à questão colocada.

Observações:

O facto de os alunos A12 e A15 terem, no pré-teste, escolhido a hipótese A (vaporização facilitada pelo arrefecimento da substância), quando na questão nº. 3 do pré-teste haviam escolhido a hipótese que considerava que com o aquecimento as unidades estruturais da matéria ficam mais agitadas (hipótese A), evidencia que estes 2 alunos não viam, antes da implementação das estratégias em estudo, qualquer relação entre o aumento da agitação corpuscular e as mudanças de estados mais organizados para outros mais desorganizados. No entanto, no pós-teste, estes mesmos alunos já responderam correctamente à questão colocada. O mesmo acontece em relação ao aluno A8 que, tendo respondido correctamente a esta questão no pré-teste, na questão nº. 3 do pré-teste havia dito que a temperatura não influencia o estado de agitação das partículas (hipótese C), como já se realçou anteriormente. Assim, também este aluno mostrou, no pré-teste, não ver a relação entre temperatura, agitação corpuscular e mudanças de estado.

QUESTÃO Nº. 5 – Pretendia-se, com esta questão, averiguar se os alunos sabiam qual a relação entre temperatura, agitação corpuscular e intensidade das forças de ligação intercorpusculares, e verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – Apenas 5 alunos (26 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese B. As restantes hipóteses foram todas escolhidas, sendo que as hipóteses C e D, ambas considerando uma intensificação das forças de ligação com o aumento da temperatura, foram as mais frequentes (6 alunos – 32 %) e a hipótese A, que admite o enfraquecimento das forças de ligação, mas por diminuição da agitação corpuscular, foi a menos escolhida (2 alunos – 11 %);
- Pós-teste – 14 alunos (74 %) passaram a responder correctamente à questão colocada. Os restantes 5 alunos (26 %) optaram pela escolha da hipótese D, hipótese essa que, embora errada, contém um elemento da resposta correcta (hipótese D : *o aumento da temperatura faz com que as forças de ligação se tornem mais intensas - ideia errada - devido ao aumento da agitação corpuscular - ideia correcta*).

Observações:

A grande dispersão de respostas obtida no pré-teste poderá ser resultado desta questão envolver três conceitos diferentes (temperatura, agitação corpuscular e intensidade das forças de ligação) que se inter-relacionam, sendo exigida aos alunos a compreensão de tais relações, o que não será muito fácil tendo em conta que se trata de alunos em fase de iniciação ao estudo da Química. Também as hipóteses apresentadas aos alunos poderão ser algo confusas em termos de linguagem. No entanto, este factor não será tão relevante quanto o primeiro uma vez que no pós-teste tal dispersão de respostas não se verifica.

Os alunos que optaram, no pós-teste, pela escolha da hipótese D, foram, tal como se pode verificar, os alunos A4, A5, A9, A14 e A16. Estes mesmos alunos, no pré-teste, haviam escolhido como hipótese de resposta ou a hipótese A ou a C, qualquer uma delas errada uma vez que consideram a diminuição da agitação corpuscular com o aumento da temperatura. Tendo em conta que a hipótese D, embora sendo incorrecta, considera o aumento da agitação corpuscular com a temperatura, que é o factor que vai determinar o enfraquecimento das forças de ligação, há que admitir que, ao optarem pela escolha de tal resposta, os alunos mostram ter experimentado uma evolução conceptual do pré para o pós-teste. Note-se que estes mesmos alunos, na questão nº. 3 do pós-teste, também responderam que a agitação corpuscular aumenta com a temperatura.

QUESTÃO Nº. 6 – Nesta questão, procurou-se averiguar se os alunos sabiam que determinadas substâncias, por aquecimento, podem passar directamente do estado sólido ao gasoso sem passarem pelo estado líquido. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – Nenhum aluno respondeu correctamente à questão colocada. A maior parte dos alunos (12 alunos – 63 %) optou pela escolha da hipótese B, que se refere à situação mais geral (estado líquido como estado intermédio entre o sólido e o gasoso). Apenas 2 alunos (11 %) optaram pela hipótese A, que considera a transição sólido → líquido → gasoso. 5 alunos (26 %) consideraram que a passagem do estado sólido directamente para o estado gasoso, sem passagem pelo estado líquido, se verifica com todas as substâncias (hipótese C);
- Pós-teste – 11 alunos (58 %) passaram a responder correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese D. Dos restantes 8 alunos, 6 (32 %) consideraram, para todas as substâncias, a passagem directa do estado sólido ao gasoso sem passagem pelo estado líquido (hipótese C) e 2 (11 %) a situação mais geral de “estado líquido como intermédio aos sólido e gasoso” (hipótese B).

Observações:

Ao contrário do que se verificou no pré-teste, em que apenas 5 alunos (26 %) admitiram a possibilidade da sublimação (ideia contemplada pelas hipóteses C e D), no pós-teste a maioria dos alunos (17 alunos – 89 %) passa a admitir essa hipótese. Assim, embora a percentagem de erro continue algo elevada após a implementação da metodologia em estudo (42 %), será de salientar que, no pós-teste, dos 8 alunos que responderam de forma incorrecta, apenas 2 (11 %) não consideraram a sublimação como uma transição possível, ainda que só para algumas substâncias sólidas e em determinadas condições de pressão e temperatura.

Dos 6 alunos (32 %) que no pós-teste escolheram a hipótese C (“sublimação para todas as substâncias sólidas”), 5 (26 %) haviam escolhido, no pré-teste, a hipótese B - “estado líquido como intermédio aos sólido e gasoso”. Assim, pode-se considerar que a escolha da hipótese C por parte destes 5 alunos é indicativo de alguma evolução conceptual, pois após as estratégias implementadas, estes alunos admitem já a hipótese da sublimação. Talvez estes alunos tenham escolhido a hipótese C, que considera a sublimação para todos os sólidos sem

excepção, por se “agarrarem” demasiado ao exemplo do naftaleno utilizado na actividade experimental que realizaram. O outro exemplo apresentado (aquecimento de água), em que havia primeiro passagem ao estado líquido e só depois ao gasoso, talvez não tivesse sido o mais adequado, já que os alunos tendem a associar a água ao estado líquido (*“gelo é gelo”, e não água no estado sólido*). Assim, se se tivesse usado um outro sólido, com aspecto semelhante ao naftaleno, mas menos volátil, talvez o resultado tivesse sido melhor.

QUESTÃO N.º 7 – Procurava-se descobrir se os alunos sabiam qual das propriedades das substâncias, massa, volume, densidade ou ponto de fusão, aumenta geralmente com a temperatura. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – 2 alunos (11 %) consideraram que seria a massa (hipótese A), 1 aluno (5 %) considerou a densidade (hipótese C) e 9 alunos (47 %) consideraram o ponto de fusão (hipótese D). Apenas 7 alunos (37 %) responderam correctamente à questão colocada considerando que seria o volume a aumentar com a temperatura (hipótese B);
- Pós-teste – Praticamente todos os alunos (16 alunos – 84 %) passaram a responder correctamente à questão colocada. Apenas 3 alunos (16 %) optaram pela escolha da hipótese D, considerando ser o ponto de fusão a aumentar com a temperatura.

Observações:

A grande dispersão de respostas no pré-teste será resultado desta questão envolver vários conceitos (massa, volume, densidade e ponto de fusão) que, para alunos em fase de iniciação ao estudo da Química, são ainda pouco consistentes;

Os 3 alunos que erraram no pós-teste, escolhendo a hipótese D, haviam já, no pré-teste, escolhido tal hipótese. Esta situação ficará a dever-se, em parte, ao facto de não ter sido realizada nenhuma actividade experimental em que se mostrasse ser o ponto de fusão uma propriedade característica de cada substância. --

QUESTÃO Nº. 8 – Perguntava-se aos alunos qual dos factores, temperatura, pressão, densidade ou massa, ao ser aumentado, provocaria um aumento dos espaços intercorpúsculares. Obtiveram-se os seguintes resultados:

- Pré-teste – 7 alunos (37 %) escolheram a hipótese correcta (hipótese A). Dos restantes alunos, a maior parte (8 alunos – 42 %) optou pela hipótese C (densidade), 3 alunos (16 %) escolheram a hipótese B (pressão) e apenas 1 aluno (5 %) escolheu a hipótese D (massa);
- Pós-teste – Praticamente todos os alunos (17 alunos – 89 %) passaram a responder correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese A. Apenas 2 alunos (11 %) escolheram a hipótese D onde se considera que os espaços intercorpúsculares são tanto maiores quanto maior a massa de substância.

Observações:

A grande dispersão de respostas verificada no pré-teste ficará a dever-se ao facto desta questão envolver quatro conceitos diferentes, sendo pedido aos alunos que os relacionem com o aumento dos espaços intercorpúsculares, o que, para alunos em fase de iniciação ao estudo da Química, não é fácil.

QUESTÃO Nº. 9 – Após referir que a densidade da água é maior no estado líquido que no sólido, e recordando-se a expressão que define densidade, pretendia-se averiguar se os alunos sabiam que no estado sólido as moléculas de água estão em média mais afastadas do que no estado líquido. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – A escolha da maioria dos alunos (14 alunos – 74 %) recaiu na hipótese B, onde se considera que as moléculas de água estão mais próximas no estado sólido que no líquido. 3 alunos (16 %) consideraram precisamente o contrário escolhendo a hipótese correcta (hipótese A) e 2 alunos (11 %) optaram pela hipótese C, onde se considera que as moléculas de água se encontram sempre à mesma distância umas das outras. Nenhum aluno atribuiu a diferença de densidades ao peso das moléculas (hipótese D);

- Pós-teste – 16 alunos (84 %) passaram a responder correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese A. Os restantes 3 alunos (16 %), que no pré-teste haviam escolhido a hipótese B (moléculas mais próximas no estado sólido), mantiveram a sua escolha.

Observações:

Os resultados obtidos no pré-teste, onde a maioria dos alunos considerou que as moléculas de água estariam mais próximas no estado sólido, estão de acordo com o esperado uma vez que os alunos, sabendo que o estado sólido é aquele em que, de uma forma geral, as partículas se encontram mais próximas umas das outras, e embora nas aulas “tradicionais” o caso da água tivesse sido referido como excepção, os alunos ficam “agarrados” à ideia mais geral, não havendo sequer o cuidado de analisar aquilo que lhes é dito no enunciado da questão em relação aos valores de densidade da água nos estados sólido e líquido. De qualquer forma, a melhoria de resultados do pré para o pós-teste é bastante significativa, sendo que todos os alunos que continuaram a errar no pós-teste apresentaram a situação mais geral, o que já é de considerar positivo.

QUESTÃO Nº. 10 – Os alunos, perante a situação do gelo ser menos denso que a água líquida, deveriam dizer se isso seria devido a um aumento do volume ou a um aumento da massa de água aquando da solidificação. Verificou-se o seguinte:

- Pré-teste – Houve uma grande dispersão de resultados, sendo que apenas 5 alunos (26 %) responderam correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese B. Dos restantes 14 alunos, a maioria (8 alunos – 42 %) optou pela hipótese A (aumento do volume com manutenção da massa). Qualquer um dos outros 6 alunos admitiu a variação da massa optando 4 (21 %) pela hipótese C (diminuição da massa com manutenção do volume) e 2 (11 %) pela hipótese D (aumento da massa com manutenção do volume);
- Pós-teste – Apenas 3 alunos (16 %) não responderam correctamente à questão colocada escolhendo a hipótese A (aumento de volume com manutenção de massa).

Qualquer um desses 3 alunos havia, no pré-teste, optado por uma hipótese em que se considerava a variação da massa (hipóteses C ou D).

Observações:

Embora haja ainda 3 alunos que após as estratégias implementadas continuam a não responder correctamente à questão colocada, há que salientar o facto de esses 3 alunos, no pós-teste, escolherem uma hipótese (A) em que, embora sendo incorrecta, se considera a manutenção da massa, ao contrário daquilo que é considerado nas hipóteses anteriormente escolhidas (no pré-teste) por esses alunos. Assim, será de considerar que houve evolução conceptual, pois os alunos passam de uma concepção totalmente errada para outra que contém um elemento da resposta correcta.

QUESTÃO Nº. 11 – Procurava-se averiguar se os alunos sabiam que, nas transições de fase, nomeadamente na fusão (da água), há conservação da massa de substância. Obtiveram-se os seguintes resultados:

- Pré-teste – Apenas 5 alunos (26 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A. 1 aluno (5 %) considerou que a questão não oferecia dados suficientes para que pudesse ser dada uma resposta (hipótese D). Os restantes 13 alunos consideraram haver variação de massa aquando da fusão, sendo que 7 (37 %) admitiram um aumento de massa (hipótese B) e 6 (32 %) uma diminuição;
- Pós-teste – 13 alunos (68 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A. Dos 6 alunos restantes (32 %), metade considerou não haver dados suficientes para responder à questão (hipótese D) e a outra metade optou, ou pela hipótese B (2 alunos – 11 %), ou pela hipótese C (1 aluno – 5 %), ambas admitindo a variação da massa de substância aquando da fusão.

Qualquer um desses 3 alunos havia, no pré-teste, optado por uma hipótese em que se considerava a variação da massa (hipóteses C ou D).

Observações:

Embora haja ainda 3 alunos que após as estratégias implementadas continuam a não responder correctamente à questão colocada, há que salientar o facto de esses 3 alunos, no pós-teste, escolherem uma hipótese (A) em que, embora sendo incorrecta, se considera a manutenção da massa, ao contrário daquilo que é considerado nas hipóteses anteriormente escolhidas (no pré-teste) por esses alunos. Assim, será de considerar que houve evolução conceptual, pois os alunos passam de uma concepção totalmente errada para outra que contém um elemento da resposta correcta.

QUESTÃO Nº. 11 – Procurava-se averiguar se os alunos sabiam que, nas transições de fase, nomeadamente na fusão (da água), há conservação da massa de substância. Obtiveram-se os seguintes resultados:

- Pré-teste – Apenas 5 alunos (26 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A. 1 aluno (5 %) considerou que a questão não oferecia dados suficientes para que pudesse ser dada uma resposta (hipótese D). Os restantes 13 alunos consideraram haver variação de massa aquando da fusão, sendo que 7 (37 %) admitiram um aumento de massa (hipótese B) e 6 (32 %) uma diminuição;
- Pós-teste – 13 alunos (68 %) responderam correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese A. Dos 6 alunos restantes (32 %), metade considerou não haver dados suficientes para responder à questão (hipótese D) e a outra metade optou, ou pela hipótese B (2 alunos – 11 %), ou pela hipótese C (1 aluno – 5 %), ambas admitindo a variação da massa de substância aquando da fusão.

Observações:

A situação verificada no pré-teste permite concluir que a maioria dos alunos, antes da implementação da metodologia em estudo, não sabia que a densidade é uma propriedade característica de cada material, pois considerou que as três substâncias apresentadas teriam a mesma densidade.

Ao contrário daquilo que seria de esperar, 3 alunos, no pré-teste, consideraram que a densidade seria tanto maior quanto menor fosse a massa de substância. Assim, será de considerar que esses 3 alunos não estabeleceram a relação entre massa e peso, caso contrário, e de acordo com diversos estudos, teriam respondido correctamente à questão colocada, já que a tendência manifestada pelos vários alunos dos estudos referidos é para confundirem peso com densidade, sendo que para eles a densidade é tanto maior quanto maior o peso, ideia que não sendo a correcta no caso de corpos do mesmo material, aplicava-se à presente questão.

QUESTÃO Nº. 13 – Perante 3 cubos de zinco de diferentes volumes, os alunos deveriam dizer qual a relação entre a densidade de cada um. Verificaram-se os seguintes resultados:

- Pré-teste – Apenas 2 alunos (11 %) responderam que todos os cubos teriam a mesma densidade (hipótese D). Dos restantes 17 alunos, a maioria (14 alunos – 74 %) considerou ser mais denso o cubo de maior volume (hipótese C), 2 alunos (11 %) consideraram que o mais denso seria o de menor volume (hipótese A) e apenas 1 aluno (5 %) escolheu a hipótese B onde se considera ser mais denso o cubo de volume intermédio;
- Pós-teste – 15 alunos (79 %) passaram a responder correctamente à questão colocada optando pela escolha da hipótese D. Dos restantes 4 alunos (21 %), metade escolheu a hipótese de ser mais denso o cubo de menor volume (hipótese A) e a outra metade escolheu precisamente a hipótese contrária (hipótese C).

Observações:

Tendo em conta investigações anteriores em que diferentes autores, ao procurarem diagnosticar as ideias dos alunos sobre densidade, concluíram que uma das principais dificuldades dos alunos é a confusão entre os conceitos de peso e densidade, era já de esperar que, no pré-teste, a escolha da maioria dos alunos recaísse sobre a hipótese C, uma vez que é aquela que considera ser mais denso o cubo de maior volume, logo, o mais pesado. Tal ideia, aliás, mantém-se para 2 alunos no pós-teste.

5.3. Fichas de controlo

Nesta secção, faz-se a análise dos resultados obtidos nas fichas de controlo referentes a cada uma das actividades experimentais (subsecções 5.3.1 a 5.3.7). A apresentação de tais resultados encontra-se em anexo (ANEXO 7) onde as ideias manifestadas nas fichas de controlo pelos diferentes grupos de trabalho se encontram compiladas em sete quadros, um para cada actividade experimental, onde se coloca o símbolo (✓) para os grupos (G1 a G7) em que uma determinada ideia surgiu. Tal como já foi explicado na secção 4.6, apenas algumas das observações mencionadas pelos alunos foram seleccionadas para serem alvo de explicação. Assim, no quadro correspondente a cada actividade experimental, são incluídas todas as observações referidas pelos alunos, tendo sido destacadas (a sombreado) as seleccionadas para serem sujeitas a explicação.

Em cada uma das subsecções seguintes, cada uma delas referente a uma actividade experimental, são apresentados os elementos (numerados de 1 a n) que, para a respectiva actividade experimental, se considerou que deveriam ser referidos pelos alunos para que as suas ideias (explicações dos fenómenos observados) pudessem ser consideradas correctas do ponto de vista científico. O nível de formulação de tais explicações foi definido por forma a ser aquele que mais se aproximasse do cientificamente aceite, tendo em conta o nível de escolaridade dos alunos que intervieram no estudo.

Nas tabelas de resultados que se encontram em anexo, especifica-se, na última coluna do quadro, e para cada uma das ideias apresentadas, quais os elementos (predefinidos como

necessários a uma ideia correcta) que cada uma delas contém, elementos esses que se encontram numerados, tal como já foi referido. Desta forma, e de acordo com o número de elementos da ideia correcta contidos em cada uma das ideias apresentadas pelos alunos, é possível proceder-se à categorização das mesmas de acordo com o definido na secção 4.6, categorização essa que se apresenta, em cada uma das subsecções seguintes, num quadro individual.

Para a categorização de ideias, e no caso de ideias incompletas, ou seja, ideias que continham apenas alguns dos elementos da resposta correcta, foram estabelecidas as categorias $II(1)$, $II(2)$, ..., $II(n)$, conforme as ideias manifestadas pelos alunos incluíssem 1, 2, ... ou n elementos da ideia correcta, sendo que se considera como correcta aquela ideia que incluí todos os elementos previamente definidos. Nos casos em que a ideia manifestada pelos alunos não incluía nenhum dos elementos da ideia correcta, ou seja, nos casos em que a ideia apresentada se incluía numa das categorias “ideia alternativa” (IA) ou “outras ideias” (OI), apresentou-se a categorização da mesma no próprio quadro de resultados (tal categorização surge na última coluna de cada um dos quadros de resultados em anexo – ANEXO 7). A justificação das categorizações efectuadas é depois apresentada na subsecção correspondente à actividade experimental em questão.

Em função das categorias de ideias estabelecidas, e tendo em conta a evolução experimentada por cada grupo de trabalho em termos de categorias de ideias manifestadas (de acordo com o definido na secção 4.6), conclui-se acerca da eficácia da estratégia implementada.

São ainda discutidos, na secção 5.4, os resultados da análise efectuada, em termos das concepções alternativas apresentadas pelos alunos em relação aos fenómenos envolvidos no estudo, e ainda relativamente à questão da implementação de estratégias de ensino que consideram as concepções alternativas dos alunos.

5.3.1. Actividade experimental 1

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 1 (AE1) encontram-se em anexo, na tabela 2 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 1, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
1. Os corpúsculos estão em constante movimento a qualquer temperatura;
2. Quanto maior for a temperatura, maior é a agitação corpuscular;
3. A matéria é descontínua (o espaço intercorpuscular é vazio).

JUSTIFICAÇÃO DA CATEGORIZAÇÃO DE IDEIAS EM OI OU IA

Categoria “outras ideias” (OI):

A ideia apresentada pelos grupos 5 e 7 nas explicações pré-discussão foi incluída na categoria OI por se considerar que não é dada qualquer explicação para o observado, uma vez que os alunos se limitaram a dizer que a temperatura facilita a dissolução, não explicando, no entanto, o porquê disso acontecer.

Também a ideia manifestada pelo grupo 1 nas explicações pré-discussão foi incluída na categoria OI por se considerar que não é dada nenhuma explicação para os fenómenos observados, sendo sim apresentada uma observação, uma vez que os alunos dizem apenas que o fenómeno observado é mais rápido no leite quente que no frio, sem apresentarem qualquer justificação para o sucedido. De qualquer forma, a observação feita contém uma ideia que pode ser incluída na categoria “ideias alternativas” (IA), pois os alunos em vez do termo “dissolução” utilizaram o termo “absorção”, o que não sendo o mais correcto do ponto de vista científico é pelo menos uma procura, por parte dos alunos, de exprimirem o observado.

Aliás, o termo absorção, que significa “recolher em si, no seu seio”, está de acordo com um dos modelos da dissolução apresentado por Selley (1998) num artigo em que são discutidos os vários modelos de dissolução existentes, artigo esse que é apresentado, de forma resumida, na subsecção 2.4.6.

Por não se compreender a lógica da ideia apresentada pelo grupo 2 nas explicações pós-discussão, tal ideia foi também incluída na categoria OI.

Categoria “ideias alternativas” (IA):

A ideia apresentada pelo grupo 6 nas explicações pré-discussão foi incluída na categoria IA porque os alunos referiram haver agitação corpuscular apenas no leite quente, não a considerando para o leite frio. (Note-se que, em relação a esta ideia, a autora do trabalho, aquando das observações que fez durante o preenchimento das fichas de controlo, pediu aos alunos que lhe explicassem melhor a ideia que estes pretendiam manifestar, isto porque lhe havia surgido a dúvida se os alunos pretendiam dizer que as partículas ficavam mais agitadas com o calor ou se apenas estas se encontravam agitadas, estando as do leite frio em repouso. Após a explicação fornecida oralmente pelos alunos, a autora pôde concluir que estes consideravam a ausência de movimento das partículas constituintes do leite frio, daí a inclusão de tal ideia na categoria IA). A ideia de ausência de movimento corpuscular encontra-se, então, implícita no apresentado pelos alunos. Tal ideia havia já sido diagnosticada noutros trabalhos de investigação, como é o caso dos trabalhos de Piaget e Inhelder (1974) e Novick e Nussbaum (1978), onde os autores concluem haver uma elevada percentagem de alunos a não considerar o movimento corpuscular, a não ser por acção de um agente exterior (como é o caso do fornecimento de calor). Assim, o carácter universal das concepções alternativas encontra-se aqui manifestado.

De acordo com o descrito, e tendo em conta a categorização que foi feita, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.6):

Tabela 5.6 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 1

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	IC	II(2)	II(1)	IA	OI
G1				✓			✓			
G2			✓				✓			✓
G3			✓				✓			
G4			✓					✓		
G5					✓	✓				
G6				✓			✓			
G7					✓			✓		

A análise da tabela 5.6 permite verificar que, à excepção do grupo 4 que, em termos conceptuais, nem evoluiu nem regrediu, uma vez que apresentou, em ambas as explicações (pré e pós-discussão), a mesma ideia, todos os grupos experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6). De salientar a ausência de IA nas explicações pós-discussão, o que é de considerar bastante positivo.

5.3.2. Actividade experimental 2

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 2 (AE2) encontram-se em anexo, na tabela 3 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 2, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
1. As interacções corpusculares na água são mais fortes que no naftaleno;
2. As interacções corpusculares no naftaleno são (relativamente) fracas;
3. O naftaleno volta a sublimar devido ao abaixamento da temperatura.

Categoria “outras ideias” (OI):

As ideias manifestadas pelo grupo 2, nas explicações pré-discussão, e pelos grupos 3, 4, 6 e 7, nas explicações pós-discussão, são semelhantes e foram incluídas na categoria OI porque, embora sejam ideias correctas, não constituem uma explicação para as observações seleccionadas, uma vez que aquilo que se pretendia era que os alunos explicassem as diferenças de comportamento do naftaleno e da água face o seu aquecimento e não o porquê da ocorrência de transição de fase, tal como foi feito.

Categoria “ideias alternativas” (IA):

Qualquer uma das ideias, categorizadas como IA, manifestadas nas explicações pré-discussão pelos grupos 1, 2 e 3, apresenta-se como uma procura, por parte dos alunos, de explicarem as observações seleccionadas. Assim, a ideia manifestada pelo grupo 1 na pré-discussão, associa as diferenças de comportamento dos dois sólidos à tendência que cada um deles terá para passar a um estado físico diferente. Esta é, aliás, e de acordo com estudos publicados, uma ideia já manifestada por outros alunos, ou seja, os alunos acreditam que o comportamento das substâncias em diferentes situações, nomeadamente quando são aquecidas, se fica a dever, não à sua estrutura (que não é referida, pela maioria dos alunos, nas explicações dos fenómenos observados), mas sim à própria tendência dos materiais para experimentarem transformações.

Em relação à ideia manifestada pelo grupo 2 nas explicações pré-discussão e categorizada como IA, verifica-se que os alunos não admitem que o naftaleno experimentou duas transições de fase, considerando sim que as “partículas sólidas” de naftaleno sobem directamente até ao funil pelo facto de conterem espaços, o que as torna mais leves. Assim, embora esta ideia esteja incorrecta (ausência de transição de fase), é uma procura por parte dos alunos de explicarem aquilo que observaram, daí a sua categorização como IA.

Quanto à ideia manifestada pelo grupo 3 nas explicações pré-discussão, os alunos demonstraram não perceber a relação existente entre variação de temperatura e alteração da agitação corpuscular, uma vez que, para eles, um aumento de temperatura tanto pode fazer

aumentar como diminuir a agitação corpuscular. De qualquer forma, para os alunos, parece ser bastante evidente que as diferenças de comportamento verificadas entre o naftaleno e a água se ficam a dever às diferentes reacções dos corpúsculos (em termos de agitação) ao aumento da temperatura. Assim, a ideia por eles apresentada foi incluída na categoria IA, por ser uma ideia incorrecta, mas com coerência para os alunos, explicando, do seu ponto de vista, os fenómenos observados.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.8):

Tabela 5.8 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 2

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	IC	II(2)	II(1)	IA	OI
G1				✓				✓	✓	
G2				✓	✓		✓			
G3				✓				✓		✓
G4			✓				✓			✓
G5			✓				✓			
G6			✓			✓				✓
G7		✓					✓			✓

A análise da tabela 5.8 permite verificar que, à excepção do grupo 7, que em termos conceptuais nem evoluiu nem regrediu, uma vez que apresentou as mesmas ideias em ambas as explicações (pré e pós-discussão), todos os grupos experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6). Saliente-se que o aumento do número de ideias categorizadas como OI da pré-discussão para a pós-discussão não é indicativo de qualquer regressão em termos conceptuais, uma vez que, tal como já se referiu, tais ideias apresentam-se como correctas, não constituindo, no entanto, explicação para o observado.

5.3.3. Actividade experimental 3A

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3A (AE3A) encontram-se em anexo, na tabela 4 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 3A, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
Com o aumento da temperatura: 1. Aumenta a agitação corpuscular; 2. A intensidade das interacções corpusculares diminui; 3. Os espaços intercorpusculares aumentam (aumentando o volume ocupado pelo mercúrio).

JUSTIFICAÇÃO DA CATEGORIZAÇÃO DE IDEIAS EM OI OU IA

Categoria “outras ideias” (OI):

A ideia apresentada pelo grupo 1 nas explicações pré-discussão foi categorizada como OI por não ter sido apresentada qualquer explicação para os fenómenos observados (os alunos responderam “não sei”). Também a ideia manifestada pelo grupo 5 nas explicações pré-discussão foi categorizada como OI por não se compreender muito bem a lógica da ideia apresentada, tendo-se admitido que os alunos se limitaram a repetir aquilo que haviam observado, sem estabelecerem qualquer relação entre o aumento de temperatura e o fenómeno observado. Quanto à ideia apresentada pelos grupos 1, 2 e 3 nas explicações pós-discussão, esta foi também categorizada como OI porque, embora seja correcta a ideia manifestada, não constitui uma explicação para os fenómenos observados.

Categoria “ideias alternativas” (IA):

A ideia manifestada pelo grupo 1 nas explicações pós-discussão foi categorizada como IA, pois os alunos associam a subida do mercúrio ao longo do termómetro à dilatação, não da substância em si (por aumento dos espaços intercorpúsculares), mas sim das próprias partículas de mercúrio. De qualquer forma, embora não sendo correcta, a ideia apresenta-se como uma procura por parte dos alunos para explicarem o observado, daí a sua categorização como IA.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.10):

Tabela 5.10 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 3A

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	IC	II(2)	II(1)	IA	OI
G1					✓				✓	✓
G2			✓	✓			✓			✓
G3		✓					✓			✓
G4		✓					✓			
G5					✓			✓		
G6		✓				✓				
G7			✓				✓			

A análise da tabela 5.10 permite verificar que, todos os grupos, à excepção dos grupos 1 e 4, experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6). No caso do grupo 4, houve manutenção das ideias entre as duas situações de aprendizagem. Assim, em termos conceptuais, este grupo não evoluiu nem regrediu. Quanto ao grupo 1, embora se possa considerar positiva a atitude dos alunos, na pós-discussão, de procurarem uma explicação para os fenómenos observados, ao contrário do que havia sucedido na situação anterior à discussão em que os alunos não manifestaram qualquer ideia, não é de admitir a ocorrência de evolução a nível conceptual (de acordo com o exposto no

Capítulo 4, Secção 4.6). De qualquer forma, também não se pode concluir que tenha havido regressão.

5.3.4. Actividade experimental 3B

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3B (AE3B) encontram-se em anexo, na tabela 5 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 3B, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
1. Os espaços intercorpúsculares são bastante grandes no caso dos gases;
2. Os espaços intercorpúsculares são reduzidos no caso dos líquidos e dos sólidos;
3. Um aumento da pressão provoca uma diminuição dos espaços intercorpúsculares nos gases (essa diminuição não é significativa no caso dos líquidos e dos sólidos);
4. Os espaços intercorpúsculares são vazios.

JUSTIFICAÇÃO DA CATEGORIZAÇÃO DE IDEIAS EM OI OU IA

Categoria “ideias alternativas” (IA):

A ideia manifestada pelos grupos 1, 2, 3 e 5 nas explicações pré-discussão foi categorizada como IA por ser uma ideia incorrecta, mas que se apresenta como coerente para os alunos, no sentido em que dá resposta aos fenómenos observados. De facto, a relativa incompressibilidade do líquido e do sólido utilizados nesta actividade experimental conduz à ideia (errada) de ausência de espaços vazios entre as unidades estruturais dos mesmos, o que justifica a resposta apresentada pelos alunos.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.12):

Tabela 5.12 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 3B

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	IC	II(3)	II(2)	IA	OI
G1			✓	✓				✓		
G2			✓	✓			✓			
G3			✓	✓				✓		
G4		✓					✓			
G5			✓				✓			
G6		✓				✓				
G7			✓	✓		✓				

A análise da tabela 5.12 permite verificar que todos os grupos experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6). De salientar a ausência de IA nas explicações pós-discussão o que é de considerar bastante positivo.

5.3.5. Actividade experimental 3C

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3C (AE3C) encontram-se em anexo, na tabela 6 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 3C, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
<u>Os cubos têm massas diferentes porque:</u> 1. Diferentes substâncias apresentam diferentes unidades estruturais (corpúsculos); 2. Diferentes substâncias apresentam diferentes espaços intercorpúsculares; 3. Quanto menores os espaços intercorpúsculares (para o mesmo volume), maior é a massa. <u>O cubo mais denso é o de maior massa porque:</u> 4. Quanto menores os espaços intercorpúsculares (maior massa), maior é a densidade.

JUSTIFICAÇÃO DA CATEGORIZAÇÃO DE IDEIAS EM OI OU IA

Categoria “outras ideias” (OI):

A resposta fornecida pelo grupo 1 nas explicações pré-discussão foi incluída na categoria OI por não ter sido apresentada qualquer explicação para os fenómenos observados. Quanto à ideia manifestada pelos grupos 1, 2, 3 e 5, nas explicações pós-discussão, esta foi categorizada como OI por não constituir explicação para os fenómenos observados, apesar de ser uma ideia correcta.

Categoria “ideias alternativas” (IA):

As ideias manifestadas pelos grupos 3, 4, 6 e 7 nas explicações pré-discussão não são cientificamente correctas, pois os alunos consideraram que, para um mesmo volume, a massa varia na razão directa do espaço vazio. No entanto, apresentam-se como uma procura por parte dos alunos para explicarem os fenómenos observados, daí a sua inclusão na categoria IA.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.14):

Tabela 5.14 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 3C

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	II(3)	II(2)	II(1)	IA	OI
G1					✓		✓			✓
G2			✓					✓		✓
G3				✓			✓			✓
G4				✓			✓			
G5			✓			✓				✓
G6				✓			✓			
G7				✓		✓				

Como se pode verificar pela análise da tabela 5.14, todos os grupos, à excepção do grupo 2, experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6). O grupo 2, em termos conceptuais, nem evoluiu nem regrediu, uma vez que apresentou, em ambas as explicações (pré e pós-discussão), as mesmas ideias, e a nova ideia manifestada nas explicações pós-discussão, categorizada como OI, é uma ideia correcta (mas que não constitui explicação para os fenómenos observados). Note-se que nenhum grupo apresentou ideias que, no seu conjunto, constituíssem uma ideia correcta, isto porque nenhum grupo estabeleceu a relação entre massa e densidade, para igual volume (elemento 4 da resposta correcta), limitando-se a explicar as diferenças de massa verificadas (elementos 1, 2 e 3 da resposta correcta).

5.3.6. Actividade experimental 3D

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3D (AE3D) encontram-se em anexo, na tabela 7 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 3D, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
1. Quando uma transformação ocorre em sistema fechado, a massa total do sistema permanece constante; 2. No caso da água, os espaços intercorpúsculares são maiores no estado sólido que no líquido;

JUSTIFICAÇÃO DA CATEGORIZAÇÃO DE IDEIAS EM OI OU IA

Categoria “ideias alternativas” (IA):

A ideia manifestada pelo grupo 5 nas explicações pré-discussão, não sendo uma ideia correcta, constitui uma procura por parte dos alunos de explicarem os fenómenos observados. De facto, é natural que os alunos associem uma diminuição de volume à diminuição do tamanho dos corpúsculos. Assim, dada a coerência da ideia apresentada, esta foi categorizada como IA.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.16):

Tabela 5.16 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 3D

Grupos	Antes da discussão				Após a discussão			
	IC	II(1)	IA	OI	IC	II(1)	IA	OI
G1		✓			✓			
G2		✓			✓			
G3		✓			✓			
G4		✓			✓			
G5			✓		✓			
G6		✓			✓			
G7	✓				✓			

Como se pode verificar pela análise da tabela 5.16, todos os grupos experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6), à excepção do grupo 7, que em termos conceptuais, nem evolui nem regrediu, uma vez que apresentou, em ambas as explicações (pré e pós-discussão), as mesmas ideias, ideias essas que no seu conjunto constituem uma ideia correcta. De notar que, após a discussão oral grupos/ turma, todos os grupos apresentaram, nas suas explicações, ideias que, no seu conjunto, constituem uma ideia correcta, ou seja, foram referidos por todos os grupos todos os elementos previamente definidos como necessários a uma explicação correcta dos fenómenos observados.

5.3.7. Actividade experimental 4

Os resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 4 (AE4) encontram-se em anexo, na tabela 8 (ANEXO 7).

Face às observações seleccionadas, considerou-se que os elementos necessários a uma explicação cientificamente correcta das mesmas seriam os descritos na tabela 5.17:

Tabela 5.17 – Aspectos que deveriam ser referidos nas explicações dos fenómenos observados na AE 4, para que as mesmas pudessem ser consideradas cientificamente correctas.

NÍVEL DE FORMULAÇÃO DESEJADO
1. Para um mesmo material (num determinado estado físico, e nas mesmas condições de pressão e temperatura), os espaços intercorpúsculares são iguais;
2. A densidade é independente da massa e do volume dos corpos;
3. Para um mesmo corpo, massa e volume variam na mesma proporção.

Categoria “outras ideias” (OI):

A resposta fornecida pelo grupo 1, nas explicações pré-discussão, foi incluída na categoria OI por não ter sido apresentada qualquer explicação para os fenómenos observados (os alunos responderam “não sei”).

Categoria “ideias alternativas” (IA):

A ideia manifestada pelo grupo 2 nas explicações pré-discussão foi categorizada como IA por ser uma ideia incorrecta, mas que constituirá uma procura, por parte dos alunos, de explicarem os fenómenos observados, pois os alunos terão procurado justificar os diferentes valores de massa e de volume encontrados com base em diferentes espaços intercorpúsculares, o que não se aplica à presente situação, dado tratar-se do mesmo material, mas que explica outros fenómenos já observados pelos alunos, nomeadamente nas actividades experimentais 3B e 3C, onde efectivamente os espaços intercorpúsculares eram responsáveis pelas diferenças encontradas em termos de massa e volume.

De acordo com o descrito, e depois da devida categorização, as ideias manifestadas pelos alunos encontram-se assim distribuídas (Tabela 5.18):

Tabela 5.18 – Categorias de ideias apresentadas pelos diferentes grupos de trabalho nas fichas de controlo respeitantes à actividade experimental 4

Grupos	Antes da discussão					Após a discussão				
	IC	II(2)	II(1)	IA	OI	IC	II(2)	II(1)	IA	OI
G1					✓		✓			
G2				✓		✓				
G3			✓			✓				
G4		✓				✓				
G5			✓			✓				
G6			✓			✓				
G7			✓					✓		

Como se pode verificar pela análise da tabela 5.18, todos os grupos experimentaram uma evolução conceptual (de acordo com o exposto no Capítulo 4, Secção 4.6), à excepção do grupo 7, que em termos conceptuais, nem evolui nem regrediu, uma vez que apresentou, em ambas as explicações (pré e pós-discussão), a mesma ideia.

5.4. *Discussão de resultados*

Na secção 5.1, após a apresentação da tabela 5.1 com a constituição dos grupos de trabalho, referiu-se que se optou por não proceder a nenhuma análise de relação a nível individual (aluno a aluno) entre os resultados dos questionários e as ideias manifestadas por cada grupo de trabalho nas fichas de controlo. A tomada de tal decisão resultou do facto de se considerar que, embora essa análise talvez pudesse ter interesse para um outro tipo de trabalho de investigação, para o presente não seria muito correcta tendo em conta os objectivos definidos, pois, sendo as fichas de controlo realizadas em grupo, há sempre a hipótese de existirem elementos em cada grupo de trabalho que pouco ou nada contribuam para a tomada de decisões em relação ao fornecimento de explicações para os fenómenos observados. Assim, o facto de um aluno pertencer a um grupo de trabalho que tenha demonstrado uma boa evolução com as estratégias implementadas, não implica que esse aluno obtenha um bom resultado no pós-teste, pois há que considerar a hipótese de, por exemplo, um aluno até ter tido um papel bastante activo e positivo no preenchimento das fichas de controlo, mas aquando da resolução do pós-teste, influenciado por qualquer factor, tal como uma distração, falta de motivação/ interesse ou dificuldade em perceber alguma questão, esse mesmo aluno acabe por obter um resultado inferior àquilo que seria de esperar tendo em conta o seu hipotético desempenho no preenchimento das fichas de controlo. Daí que, embora se tenha estabelecido algumas relações entre os resultados obtidos com cada um dos instrumentos de recolha de dados, não se procedeu a qualquer relação a nível particular (para cada aluno) entre os resultados obtidos em cada um deles.

5.4.1. Questionários

A análise dos resultados dos questionários permitiu verificar que, no total das respostas aos questionários (pré e pós-testes), as ideias dos alunos se encontram distribuídas conforme se indica na tabela 5.19 (Note-se que os questionários contemplavam apenas ideias correctas (IC) ou ideias alternativas (IA), não dando lugar a ideias incompletas).

Tabela 5.19 – Distribuição percentual das ideias manifestadas pelos alunos no total das respostas aos questionários (pré e pós-testes)

	IC	IA
Pré-teste	34 %	66 %
Pós-teste	79 %	21 %

A análise da tabela 5.19 permite verificar que houve uma melhoria significativa nos resultados obtidos do pré para o pós-teste. Saliente-se que tal melhoria nos resultados estava já prevista, uma vez que os conteúdos em estudo foram abordados duas vezes, encontrando-se os alunos, aquando da segunda administração do questionário, numa situação de maior esclarecimento. Assim, será legítimo admitir a hipótese de que, se a segunda abordagem dos assuntos fosse feita através de uma metodologia “tradicional”, também os resultados melhorariam. No entanto, considerou-se válido comparar os resultados dos dois questionários para concluir acerca da vantagem da metodologia de ensino em estudo, já que foi razoável o intervalo de tempo que passou entre as duas situações de ensino, de tal forma que os alunos, tal como já se referiu na subsecção 4.3.2, acabaram por esquecer grande parte daquilo que lhes havia sido ensinado aquando da primeira abordagem dos conteúdos em estudo, e assim, os seus desempenhos após a segunda abordagem dos mesmos, ficarão a dever-se, sobretudo, às estratégias de ensino utilizadas aquando da nova metodologia de ensino. Por outro lado, os resultados obtidos noutros trabalhos de investigação, onde foram utilizadas metodologias de ensino consistentes com os princípios da utilizada neste trabalho e que revelam que as mesmas são mais vantajosas do que as metodologias “tradicionais”, suportam a ideia de que a metodologia de ensino testada será, de facto, mais vantajosa do que a inicialmente utilizada. De qualquer forma, o esclarecimento quanto à maior vantagem da metodologia de ensino em estudo relativamente à metodologia “tradicional” utilizada seria melhor conseguido se se

utilizasse uma turma de controlo onde a segunda abordagem dos conteúdos em estudo ocorresse, novamente, através de uma metodologia “tradicional”.

A análise da tabela 5.19 permite também verificar que é elevada a percentagem de concepções alternativas manifestadas pelos alunos no pré-teste, ou seja, numa situação posterior ao ensino formal dos conteúdos em estudo segundo uma metodologia de ensino “tradicional”, e anterior à implementação das estratégias em estudo. Tal situação confirma aquilo que havia já sido verificado noutros trabalhos de investigação, que é o facto de os alunos utilizarem na explicação de fenómenos naturais ideias diferentes das cientificamente aceites, ou seja, concepções alternativas. No entanto, este estudo não permite concluir se as concepções alternativas manifestadas no pré-teste surgiram após o ensino formal (tradicional), ou se se apresentam como persistentes à instrução tradicional, já que o questionário não foi administrado antes desse ensino.

Embora o teste *t de Student* tenha confirmado a eficácia da metodologia de ensino levada a cabo neste trabalho, verifica-se que, após a implementação de tal metodologia, ou seja, no pós-teste, há ainda uma percentagem significativa de concepções alternativas (21%), concepções essas que, tal como se pode verificar por análise da tabela 1 (ANEXO 7), eram, na sua maioria, as já sustentadas pelos alunos no pré-teste, o que evidencia que estas são mais resistentes à mudança, persistindo mesmo após a implementação de estratégias de ensino que as considerem. Esta persistência das concepções alternativas, após a implementação de estratégias de ensino que as consideraram, era já de esperar, por se tratar de uma característica das mesmas, já confirmada por inúmeros estudos. De qualquer forma, há que ter em conta que a percentagem de concepções alternativas diminui significativamente do pré-teste para o pós-teste. Assim, prevalece a opinião já manifestada por vários investigadores que defendem ser de extrema importância, para o sucesso do processo de ensino-aprendizagem, a utilização de estratégias de ensino que considerem as ideias prévias dos alunos.

Das concepções alternativas manifestadas pelos alunos da turma experimental antes da implementação da metodologia de ensino em estudo, ou seja, no pré-teste, destacam-se, na tabela 5.20, aquelas que se apresentaram como as mais “populares”, sendo indicada na mesma tabela a percentagem de alunos que manifestou tais ideias. Também se indica a percentagem de alunos que manifestou as mesmas ideias no pós-teste por forma a ser possível verificar

quais as concepções alternativas que se apresentam como as mais resistentes à mudança. Indica-se ainda as questões (Q) e respectivas hipóteses (Hip) em que tais ideias surgem.

Tabela 5.20 – Principais CA's manifestadas pelos alunos nos questionários

Q	Hip	Concepções alternativas	% de alunos	
			pré	pós
1	B	A matéria é contínua, sendo o espaço intercorpúscular constituído por ar	53	0
2	C/ D	O movimento corpuscular não é uma característica de todos os materiais, dependendo de vários factores, tais como a temperatura ou a substância que se está a considerar	37	11
5	C/ D	A intensidade das forças de ligação intercorpúsculares aumenta com a temperatura	63	26
6	B	O estado líquido é, para qualquer substância, um estado intermédio ao sólido e ao gasoso	63	11
7	D	O ponto de fusão não é uma propriedade característica das substâncias (varia com a temperatura)	47	16
8	C	Numa substância, os espaços intercorpúsculares são tanto maiores quanto maior for a sua densidade	42	0
9	B	As moléculas de água estão em média mais próximas no estado sólido do que no líquido	74	16
10	A	O volume ocupado por uma dada massa de água aumenta com a fusão	42	16
10	C/ D	Há variação de massa nas transformações físicas	74	21
11	B/ C			
12	A	A densidade não é uma propriedade característica das substâncias (substâncias diferentes podem ter a mesma densidade)	58	16
13	C	A densidade de um material aumenta com o volume e, consequentemente, com o peso	74	11

Como se pode verificar pela análise da tabela 5.20, são várias as concepções alternativas sustentadas pelos alunos após instrução (pré-teste), concepções essas que haviam já sido diagnosticadas por outros investigadores, o que reflecte o carácter universal das mesmas.

A discussão dos resultados da tabela 5.20 foi já efectuada aquando da análise qualitativa dos resultados dos questionários (subsecção 5.2.2 – “Observações”). De qualquer forma, será de destacar o seguinte:

- A maior parte dos alunos (53 %) apresentava, no início deste estudo (pré-teste), uma visão contínua da matéria, ideia que foi totalmente abandonada após a implementação das estratégias em estudo, já que, no pós-teste, todos os alunos passaram a admitir a descontinuidade da matéria (embora apenas 58 % dos alunos considerassem ser vazio o espaço intercorpúscular);
- Embora a maioria dos alunos (11 alunos - 58 %) não apresentasse, no pré-teste, dúvidas no que respeita ao movimento corpúscular, um número significativo de alunos (5 alunos - 26 %) considerou que este era dependente da temperatura, tendo 2 alunos (11 %) considerado que o movimento corpúscular não se verifica para todas as substâncias. A ideia do movimento corpúscular dependente da temperatura voltou a surgir no pós-teste, embora com menor popularidade (2 alunos - 11 %), o que ficará a dever-se à influência que a temperatura tem, de facto, no movimento corpúscular;
- A maioria dos alunos (12 alunos - 63 %) considerava, no pré-teste, que o estado líquido era intermédio ao sólido e ao gasoso, isto é, todas as substâncias sólidas teriam que passar pelo estado líquido antes de passarem à fase gasosa. Tal ideia corresponde à situação mais geral e a qual os alunos, no seu dia a dia, já haviam tido oportunidade de observar (por exemplo, aquecimento de um cubo de gelo). Pelo contrário, e no que respeita à sublimação, nas aulas “tradicionais” apenas haviam sido dados exemplos teóricos de substâncias que, por aquecimento, passavam directamente do estado sólido ao gasoso, não tendo os alunos tido oportunidade de verificar tal situação. Assim, é de considerar natural a elevada percentagem de respostas erradas no pré-teste, sobretudo respostas referentes à situação mais geral;
- A ideia de que as moléculas de água se encontram mais próximas no estado sólido do que no estado líquido foi, no pré-teste, manifestada pela maioria dos alunos (14 alunos - 74 %), o que já era de esperar, dado tratar-se da situação mais geral;

- No pré-teste, é significativo o número de alunos a considerarem a variação de massa nas transformações físicas (14 alunos – 74 %), o que ficará a dever-se ao facto de nas aulas “tradicionais” se ter insistido mais na questão da conservação da massa nas transformações químicas, nomeadamente através da resolução de exercícios que pressupunham o acerto de equações químicas com aplicação da Lei de Lavoisier. O facto de haver ainda alunos a considerarem a variação de massa nas transformações físicas (3 alunos – 16 %) poderá ser resultado, tal como já se referiu na subsecção 5.2.2, de alguma confusão criada por uma avaria da primeira balança usada aquando da realização da actividade experimental 3D que conduziu a variações de massa. Assim, embora se tivesse procedido à substituição da mesma, os 3 alunos em questão poderão ter ficado algo baralhados com a situação ocorrida;

- As questões relacionadas com a densidade foram, no pré-teste, um grande alvo de dúvida por parte dos alunos, quer no que respeita à sua definição, quer no tocante aos factores de que esta depende, o que de alguma forma já era de esperar tendo em conta a experiência da autora e também os resultados de alguns estudos que revelam estar presente, nos alunos de diferentes faixas etárias e até mesmo do ensino superior, uma confusão entre densidade e peso, o que conduz a ideias erradas sempre que estes dois conceitos estão presentes.

5.4.2. Fichas de controlo

Na tabela 5.21 apresenta-se, de forma condensada, os resultados da análise categorial de ideias efectuada. As duas situações de ensino identificadas como pré e pós na tabela dizem respeito, a primeira, à situação anterior à discussão oral de ideias (explicações pré-discussão), e a segunda, à situação posterior a essa mesma discussão (explicações pós-discussão). Na mesma tabela são também apresentados os valores percentuais de tais ideias nas duas situações de aprendizagem.

Tabela 5.21 – Frequência das ideias manifestadas pelos grupos de trabalho no total das fichas de controlo e distribuição percentual de tais ideias nas diferentes situações de aprendizagem

AE	IC		II		IA		OI			
	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós		
1	0	1	3	6	2	0	2	1		
2	0	1	4	6	3	1	1	4		
3A	0	1	5	5	1	1	2	3		
3B	0	2	7	5	4	0	0	0		
3C	0	0	2	7	4	0	1	4		
3D	1	7	5	0	1	0	0	0		
4	0	5	5	2	1	0	1	0		
TOTAL	1	17	31	31	16	2	7	12		
Nº total de ideias manifestadas			Pré-discussão				Pós-discussão			
			55				62			
% de ideias			IC	II	IA	OI	IC	II	IA	OI
			2	56	29	13	27	50	3	19

Tal como se pode verificar pela leitura da tabela 5.21, a categoria de resposta que se apresenta como a mais frequente, quer na situação de pré-discussão quer na de pós-discussão, é a categoria “ideia incompleta”, o que de alguma forma já seria de esperar, tendo em conta o ensino prévio dos conteúdos em estudo segundo o modelo de ensino dito “tradicional”, para além de se considerar natural a ausência de um ou outro elemento da resposta correcta, quer por esquecimento, quer por não lhes ter sido atribuída importância (note-se que cada indivíduo terá, em relação a um determinado fenómeno, o seu próprio ponto de vista, podendo considerar determinados elementos como pouco relevantes para a explicação do observado).

Embora a maior parte dos alunos tivesse, antes da discussão oral de ideias (que teve um papel preponderante na estratégia implementada) utilizado a teoria corpuscular da matéria na explicação dos fenómenos observados, nem sempre as ideias manifestadas foram as mais correctas (29 % CA's). Após a referida discussão, verificou-se que a percentagem de alunos que passou a utilizar nas suas explicações ideias correctas sobre a teoria corpuscular da

matéria aumentou significativamente, sendo que a percentagem de CA's passou a ser de apenas 3 %.

A elevada percentagem de “ideias alternativas” manifestadas nas explicações pré-discussão (29 %) reforça a ideia da existência de concepções alternativas após o ensino formal, concepções essas que, tal como já se referiu, poderão resultar de experiências vividas pelos alunos em situações anteriores ao ensino formal, e que se mantiveram inalteradas após o mesmo, ou que poderão ter sido introduzidas aquando do próprio ensino formal, quer através dos manuais escolares, quer através dos próprios professores. Pelo contrário, e embora a percentagem de ideias correctas manifestadas na pós-discussão não tivesse sido muito elevada (27 %), é de considerar bastante positiva a percentagem de 50 % para “ideias incompletas” contra 3 % de “ideias alternativas”, o que traduz a eficácia de uma metodologia de ensino em que se utilizam estratégias diferenciadas potenciadoras de uma mudança conceptual (por considerarem as ideias prévias dos alunos).

Quer os resultados do pré-teste quer os da pré-discussão permitem considerar que a metodologia de ensino “tradicional” levada a cabo inicialmente não se apresenta como a melhor na administração dos tópicos em estudo. De facto, os resultados obtidos revelam que, logo após o ensino dos conteúdos em estudo segundo tal metodologia, a maior parte dos alunos tem concepções erradas acerca dos mesmos, sendo que a situação se mantém e em muitos casos se agrava após quatro meses da conclusão do mesmo ensino, ou seja, os alunos esquecem com facilidade aquilo que aprenderam. Já os resultados obtidos na situação de pós-discussão e no pós-teste, que se podem considerar bastante positivos, levam a concluir serem eficazes as estratégias de ensino implementadas. Assim, entre as inúmeras estratégias de ensino que poderão ser implementadas em situação de sala de aula, há que considerar que o trabalho experimental (factor de motivação) e a discussão oral de ideias em grupos de trabalho (meio de promoção da mudança conceptual) constituem boas estratégias. Tem, no entanto, que se considerar a hipótese de estas mesmas estratégias, que conduziram a resultados bastante razoáveis com os alunos envolvidos neste estudo, não se revelarem eficazes com outros alunos, o que poderá resultar de diversos factores, desde o tipo de alunos, o contexto escolar em que os mesmos se encontram inseridos, os professores que implementam as estratégias, etc.

Um aspecto a salientar é o facto de se ter verificado que determinadas concepções alternativas deixam de surgir nas explicações pós-discussão, mas depois voltam a surgir no pós-teste. Tal situação poderá resultar do facto das fichas de controlo fazerem parte de um trabalho de grupo, ao contrário dos questionários que são resolvidos individualmente, e portanto, as explicações fornecidas por um determinado grupo de trabalho não têm necessariamente que traduzir as ideias sustentadas por todos os elementos do grupo, mas talvez sim da maioria. Assim, não será de estranhar que um determinado aluno, cujo grupo de trabalho tivesse manifestado ideias correctas em relação a um determinado fenómeno, apresente no questionário uma ideia incorrecta para o mesmo fenómeno ou para fenómenos semelhantes. Também é de considerar que os alunos, na pós-discussão, possam manifestar uma determinada ideia simplesmente por decidirem adoptar a ideia manifestada por outro grupo, mesmo que não tenham certeza da sua correcção. Nesse caso, é muito natural que depois, noutras situações, nomeadamente no questionário, não manifestem as mesmas ideias. Por outro lado, há que considerar o carácter regressivo das concepções alternativas, já confirmado por inúmeros trabalhos de investigação. Assim, sendo diferentes os contextos em que questionários e fichas de controlo são apresentados aos alunos (as fichas de controlo, ao contrário dos questionários, dizem respeito a fenómenos que os alunos tiveram oportunidade de observar), são de considerar normais os seus diferentes desempenhos.

Capítulo 6 – Conclusões, implicações educacionais e sugestões para futuras investigações

6.1. Introdução

Neste capítulo, faz-se a apresentação das conclusões do estudo realizado (secção 6.2), sendo discutidas as implicações delas decorrentes para o processo de ensino-aprendizagem da Química, em particular no ensino do tema “Constituição e estrutura da matéria” (secção 6.3). São também apresentadas algumas sugestões para futuras investigações (secção 6.4).

Saliente-se que, dado o número reduzido de alunos envolvidos no estudo principal (19 alunos), não é possível proceder a generalizações. Também não constitui um objectivo deste capítulo a apresentação de soluções definitivas para os problemas diagnosticados, pois o facto de uma estratégia de ensino se revelar eficaz com um determinado tipo de alunos e num determinado contexto escolar, não oferece quaisquer garantias de sucesso da mesma em situações de ensino diferentes daquela que se apresentou neste trabalho, situações essas onde a estratégia de ensino levada a cabo neste estudo se poderá apresentar como infrutífera ou até mesmo impraticável. De qualquer forma, sendo vários os estudos que fundamentam a escolha de tais estratégias por revelarem a eficácia das mesmas, é de considerar bastante provável que a metodologia de ensino levada a cabo se revele eficaz noutras situações de ensino.

6.2. Conclusões

Após análise dos resultados obtidos nos questionários e nas fichas de controlo foi possível estabelecer algumas conclusões parcelares (já apresentadas aquando da discussão de resultados), as quais conduzem às seguintes conclusões finais:

1. Após o ensino formal do tema em estudo numa perspectiva “tradicional” da aprendizagem, a maioria dos alunos possui concepções alternativas que utiliza na explicação de fenómenos relacionados com o tema em estudo;

2. Os resultados obtidos suportam a segunda hipótese formulada neste estudo, ou seja, a aplicação de estratégias de ensino que assentam numa perspectiva construtivista da aprendizagem – nomeadamente estratégias onde se valoriza a discussão oral de ideias, o trabalho de grupo e o trabalho experimental – produz resultados bastante razoáveis no que respeita à aquisição de novas ideias e à reestruturação cognitiva;
3. A metodologia de ensino levada a cabo beneficiou, sobretudo, os alunos com mais dificuldades. No entanto, e aparentemente, não é muito significativa a diferença entre “bons” e “maus” alunos em termos de ganhos de aprendizagem;
4. O interesse manifestado pelos alunos e todo o seu envolvimento nas actividades levadas a cabo, a grande melhoria de resultados verificada nas fichas de controlo após discussão oral de ideias, a par dos resultados bastante positivos obtidos em termos de aproveitamento escolar (cotações do pós-teste bastante razoáveis), são reveladores da eficácia da metodologia de ensino implementada, a qual se apresenta, então, como uma alternativa às metodologias tradicionais;
5. As concepções alternativas mais frequentemente manifestadas pelos alunos envolvidos no estudo são semelhantes e muitas vezes coincidentes com as concepções alternativas já diagnosticadas noutros trabalhos de investigação, o que reflecte o carácter universal de tais concepções;
6. Nem sempre a discussão de ideias conduziu à mudança conceptual, e quando esta ocorreu nem sempre foi no sentido do conhecimento cientificamente aceite, o que permite concluir que as concepções alternativas são resistentes à mudança, persistindo mesmo após a utilização de estratégias de ensino que as considerem. De qualquer forma, em nenhuma situação se verificou regressão em termos conceptuais.

6.3. Implicações educacionais

1. Tendo em conta aquilo que este e muitos outros trabalhos de investigação evidenciaram, que é o facto dos alunos apresentarem, antes e depois da instrução formal, concepções alternativas acerca do tema em estudo (Pfundt – 1981; Griffiths e Preston – 1992), concepções essas que, normalmente, são ideias erradas e não fundamentadas, e que por isso exercem uma enorme influência na aprendizagem dos conceitos podendo constituir um obstáculo ao ensino (*“o ensino é normalmente mais fácil na ausência de concepções alternativas”* – Stavy, 1988), uma investigação prévia das ideias intuitivas dos alunos acerca dos temas a abordar seria uma boa atitude a tomar por parte dos professores. Assim, torna-se necessária a consciencialização dos professores para tal situação, sendo, para isso, muito importante a realização de acções de formação de professores onde seja discutida toda a problemática das concepções alternativas, com vista a, por um lado, promover a implementação de estratégias de ensino que as considerem e, por outro lado, a fazer ver aos professores que, mais do que meros transmissores de conhecimentos, estes constituem agentes facilitadores da aprendizagem dos alunos. Correia (1990) sugere que a formação inicial dos professores deverá (1) incluir conteúdos que sensibilizem os professores para a importância do conhecimento prévio das concepções alternativas dos alunos, (2) fornecer informação teórica sobre esta problemática e (3) incluir actividades práticas que, no futuro, permitam ao professor diagnosticar e reestruturar as concepções alternativas dos alunos;

2. Muitos autores são da opinião que as ideias científicas que são ensinadas aos alunos passarão a ser por eles utilizadas com mais frequência se as mesmas forem associadas a situações que lhes são familiares (situações do dia a dia), pois assim eles vêem uma aplicação prática daquilo que aprenderam e ganham mais confiança, isto é, passam a dar mais crédito àquilo que aprenderam. Assim, considera-se, tal como Brook, Briggs e Bell (1983), que os professores deveriam rever o modo como estão a ensinar os diferentes conceitos aos alunos e talvez reformular as suas estratégias/ técnicas de ensino por forma a poderem provocar a mudança conceptual;

3. Os professores devem proporcionar aos alunos um ambiente de ensino que lhes permita colocar questões de forma aberta, sem quaisquer preconceitos, sendo que os alunos deverão ser encorajados a discutir os fenómenos observados, com base nos seus conhecimentos anteriores (senso comum) e nos adquiridos com o ensino formal. Aquando dessa mesma discussão, os professores deverão ajudar os alunos a perceber quais as ideias que se apresentam como as mais adequadas para a explicação de determinados fenómenos, não se limitando a apresentar aos alunos as respostas correctas;

4. No que diz respeito ao uso de modelos concretos para representar modelos abstractos, há que ter muito cuidado, pois embora o uso desses modelos seja bastante importante, é ainda mais importante que os modelos utilizados não conduzam a interpretações erradas;

5. A extensão dos programas e a pretensão de os cumprir são factores que contribuem para a escolha de metodologias de ensino que seguem o modelo de ensino “tradicional” onde o aluno tem o papel de receptor passivo da informação que lhe é transmitida pelo professor, o que, de acordo com vários estudos realizados, não conduz a resultados tão favoráveis em termos de aprendizagem como a situação em que os alunos são encarados como construtores do seu próprio conhecimento - perspectiva construtivista da aprendizagem. Assim, os programas de ensino deveriam ser alvo de revisão por forma a tornar praticáveis metodologias de ensino em que se utilizam estratégias promotoras da evolução conceptual, em especial estratégias em que haja uma participação activa do aluno no processo de ensino-aprendizagem e também onde se dá tempo aos alunos para se familiarizarem com os conceitos em estudo.

6.4. *Sugestões para futuras investigações*

1. Considera-se que seria interessante levar a cabo um estudo semelhante a este, mas com administração do questionário antes do ensino “tradicional” dos conteúdos em

estudo, para que se pudesse, por um lado, e à partida, confirmar a existência de concepções alternativas antes do ensino formal, e por outro lado, verificar se algumas ideias alternativas eram introduzidas através do mesmo. Caso isso se verificasse, podia-se então investigar quais teriam sido os factores responsáveis por tal situação, analisando desde a linguagem utilizada pelos professores, sobretudo no que diz respeito ao uso de analogias e metáforas, até aos textos dos manuais escolares, passando por uma análise cuidada dos conteúdos das discussões levadas a cabo nos grupos de trabalho, o que seria conseguido através do registo áudio e/ ou vídeo das mesmas. No entanto, e por forma a reforçar a eficácia da metodologia implementada neste estudo, aconselha-se a inclusão de uma turma de controlo onde o reforço de ideias ocorresse através de uma metodologia tradicional;

2. Seguindo uma metodologia semelhante à utilizada neste trabalho, sugere-se que, para além dos questionários e das fichas de controlo, se inclua a realização de entrevistas a alguns elementos da turma. Uma sugestão seria entrevistar todos os alunos de dois ou três grupos de trabalho para se poder estabelecer uma relação entre os resultados dos questionários e os das fichas de controlo para esses grupos, e assim concluir, por exemplo, acerca do contributo de cada elemento do grupo na resolução dos problemas apresentados, ou então, para concluir acerca da adequação dos instrumentos de avaliação (instrumentos de recolha de dados) por comparação do desempenho de cada aluno na avaliação oral (entrevista) e na escrita (questionário);

3. Sugere-se que metodologias de trabalho como a levada a cabo neste estudo, que segue uma perspectiva construtivista da aprendizagem, sejam utilizadas em estudos longitudinais, pois considera-se que estes, ao acompanharem a evolução dos alunos ao longo da sua vida escolar, permitem concluir com uma maior clareza acerca da eficácia de tais metodologias;

4. Sugere-se ainda que, sendo possível, a realização de outros estudos inclua amostras maiores, representativas da população a investigar, por forma a poder-se estabelecer generalizações.

Bibliografia

ANDERSSON, B. (1986). Pupil's explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, **70** (5), 549-563.

ANDERSSON, B. (1990). Pupil's conceptions of matter and its transformations. *Studies in Science Education*, **18**, 53-85.

ARENDS, R. (1995). *Aprender a ensinar*. McGraw-Hill.

ATHEE, M. & VARJOLA, I. (1998). Student's understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, **20** (3), 305-316.

ATKINS, P. W. (1998). *Physical Chemistry* (6^a ed.). Oxford University Press (141-153).

ATKINS, P. W. & JONES, L. (1997). *Chemistry – Molecules, Matter and Change* (3^a ed.). Library of Congress Cataloging in Publication Data (342-381).

BELL, J. (1997). *Como realizar um projecto de investigação* (1^a ed.). Editora Gradiva.

BOULTON, A. & PANIZZON, D. (1998). The Knowledge Explosion in Science Education: Balancing Practical and Theoretical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, **35** (5), 475-481.

BRODIN, G. (1978). *The Role of the Laboratory in the Education of Industrial Physicists and Engineers*. In Jones, J. G., Lewis, J. L. (ed.), *The Role of the Laboratory in Physics Education*, Proceeding of the Oxford Conference, Oxford, 1978.

BROOK, A., BRIGGS, H. & BELL, B. (1983). Secondary student's ideas about particles. *Centre for Studies and Mathematics Education*, University of Leeds, **83** (3).

BROOKFIELD, S. D. & PRESKILL, S. (1999). *Discussion as a Way of Teaching: Tools and Techniques for Democratic Classrooms*, Open University Press.

CACHAPUZ, A. & RIBEIRO, M. (1986). Identificação de versões privadas de conceitos de Química no ensino secundário. *Boletim SPQ*, **23**, 21-36.

CACHAPUZ, A. F. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In Carvalho, A. D. et al. (Eds). *Novas metodologias em educação*, Porto Editora, 351-381.

CHANG, R. (1994). *Química* (5ª ed.). McGraw-Hill.

CLOUGH, E. E. & DRIVER, R. (1986). A study of consistency in the use of student's conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, **70** (4), 473-496.

COHEN, L. & MANION, L. (1994). *Research methods in education* (4ª ed.). Routledge.

CORREIA, M. (1990). *Persistência das ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos*. Tese de mestrado não publicada. Instituto de Educação, Universidade do Minho.

DAINTITH, J. (1990). *Dicionário breve de Química*. Editorial Presença.

DE KRUIF, K. et al. (1981). The vapour pressure of solid and liquid naphthalene. *Journal of Chemical Thermodynamics*, **13**, 1081.

DISESSA, A. A., BERKELEY & SHERIN, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, **20** (10), 1155-1191.

DREYFUS, A. et al. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, difficulties and problems. *Science Education*, **74** (5), 555-569.

DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, **5**, 61-84.

DRIVER, R. & RUSSELL, T. (1982). An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years. *Centre for Studies in Science and Mathematics Education*, University of Leeds, Leeds.

DRIVER, R. (1983). When is a stage not a stage? A critique of Piaget's theory of cognitive development and its application to science education. *Educational Research*, **21** (1), 54-61.

DRIVER, R. (1985). Beyond Appearances: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformations. In Driver, R. (Ed), *Children's ideas in science*, Open University Press, England, 145-169.

DRIVER, R. (1986). Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, **4** (1), 3-15.

DRIVER, R. et al. (1994a). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, **23**, 5-12.

DRIVER, R. et al. (1994b). *Making sense of secondary science – Research into children's ideas*. London : Routledge, 73-97.

DRIVER, R. GUESNE, E. & TIBERGHIE, A. (1985a). Children's Ideas and the Learning of Science. In Driver, R. (Ed), *Children's ideas in science*, Open University Press, England, 1-9.

DRIVER, R. GUESNE, E. & TIBERGHIE, A. (1985b). Some Features of Children's Ideas and their Implications for Teaching. In Driver, R. (Ed), *Children's ideas in science*, Open University Press, England, 193-201.

DUARTE, C. A. (1998). *A Interpretação do Mundo Físico – Estudo qualitativo sobre a sua situação na disciplina de Ciências Físico-Químicas do Ensino Básico e proposta para o seu desenvolvimento em alguns tópicos à luz da Mecânica Estatística e Teoria Cinético-Corpuscular*. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Aveiro.

FERREIRA, L. E. & MORAIS, A. M. (1998). Os problemas na aula de ciências: estudo de aprendizagens individuais e em grupo. *Revista da Educação*, 7 (1), 91-102.

FRISCH, OTTO R. (1973). *A Natureza da Matéria*. (J. Cardoso Ferreira, trad.). Editorial Verbo, Lisboa.

GARNETT, P. J. et al. (1995). Student's alternative conceptions in chemistry : a review of research for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.

GILBERT, J. & WATTS, D. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.

GIORDAN, A. & VECCHI, G. (1987). *Les origines du savoir*. Delachaux & Niestlé.

GLASERSFELD, E. (1996). Aspectos do construtivismo. In Fosnot, C. T. (Ed). *Construtivismo e Educação - Teoria, perspectivas e prática*. Col. «Horizontes pedagógicos», Instituto Piaget. 15-21.

GLASS, G. & HOPKINS, K. (1984). *Statistical methods in education and psychology* (2^a ed.). Library of Congress Cataloging in Publication Data.

GUNSTONE, R. F. (1988). *Two teaching strategies for considering children's science*. Yearbook of the International Council of the Association for Science Education, 2, 1-12.

GRIFFITHS, A. K. (1994). *A critical analysis and synthesis of research on students' chemistry misconceptions*. In Schmidt, H. J. (ed.), *Problem solving and misconceptions in Chemistry and Physics*, The International Council of Associations for Science Education, 70-99.

GRIFFITHS, A. K. & PRESTON, K. R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (6), 611-628.

HAPPS, J. (1980). Particles. Working paper No. 18, University of Waikato, Hamilton, New Zeland.

HEWSON, P. (1981). A Conceptual Change Approach to Learning in Science. *European Journal of Science Education*, **3** (4), 383-396.

HIND, D. W. G. (1994). *Transferable Personal Skills* (2^a ed.). Business Education Publishers.

HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, **12** (3), 299-313.

HODSON, D. & HODSON, J. (1998). From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, **79** (289), 33-41.

HOLDING, B. (1987). *Investigation of school children's understanding of the process of dissolving with special reference to the conservation of matter and the development of atomistic ideas*. Unpublished Ph. D. Thesis, University of Leeds.

ISAACS, A. (1990). *Dicionário breve de Física*. Editorial Presença.

JESUS, S. N. (1997). *Influência do professor sobre os alunos* (2.^a ed.). Col. «Cadernos Pedagógicos», Edições ASA.

JOHNSON, P. (1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, **20** (5), 567-583.

JOHNSON, P. (1998b). Children's Understanding of Changes of State Involving the Gas State, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, **20** (6), 695-709.

JOHNSON, P. (1998c). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, **20** (4), 393-412.

JUIF, P. & DOVERO, F. (1974). *Guia do estudante de ciências pedagógicas*. (M. Simões, trad.). Editorial Estampa.

JULYAN, C. & DUCKWORTH, E. (1996). Uma perspectiva construtivista do ensino e da aprendizagem das ciências. In Fosnot, C. T. (Ed). *Construtivismo e Educação - Teoria, perspectivas e prática*. Col. «Horizontes pedagógicos», Instituto Piaget. 85-107.

KRNEL, D., WATSON, R. & GLAZAR, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of matter. *International Journal of Science Education*, **20** (3), 257-289.

KYLE, W. (1997). Action Research. *Journal of Research in Science Teaching*, **34** (7), 669-671.

LEVINSON, R. (1994). *Teaching science*. Routledge.

MACHADO, A. (s.d.). *Equilíbrios heterogéneos. Diagramas de fases*. Laboratório de Química da Faculdade de Ciências do Porto. Centro Universitário do Porto.

MACHADO, A. (1980). *A água – I – Estrutura e propriedades*. Centro de Investigação em Química (Universidade do Porto). Departamento de Química, Faculdade de Ciências do Porto.

MARQUES, R. (1999). *Modelos pedagógicos actuais*. Plátano Editora.

MARTINS, M. (1989). *A energia nas reacções químicas: Modelos interpretativos usados por alunos do ensino secundário*. Tese de Doutoramento não publicada. Universidade de Aveiro.

MCCLELLAND, J. A. G. (1984). Alternative frameworks: interpretation of evidence. *European Journal of Science Education*, **6** (1), 1-6.

MORENO, J. H. & MORENO, A. M. (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Editorial Laia.

MORGADO, M. P. (1998). *O hiperdocumento "A longa viagem dos continentes" como um meio de promover a mudança conceptual*. Tese de Mestrado em Educação não publicada. Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.

MULLET, E. & GERVAIS, H. (1990). Distinction between the concept of weight and mass in high school students. *International Journal of Science Education*, **12** (2), 217-226.

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). Pupil's understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, **65** (2), 187-196.

NUSSBAUM, J. (1979). Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A cross-age study. *Science Education*, **63** (1), 83-93.

NUSSBAUM, J. (1985). The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase, in Driver, R., *Children's Ideas In Science*, Open University Press, Philadelphia, 125-143.

NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: A model for concept learning. *Instructional Science*, **11**, 183-200.

OSBORNE, R. J. & COSGROVE, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of states of water. *Journal of Research in Science Teaching*, **20** (9), 825-838.

OSBORNE, R. & WITTRICK, C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, **67** (4), 489-508.

PELLA, M. O. & CAREY, R. L. (1967-1968). Levels of Understanding for Selected Concepts of the Particle Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, **5**, 202-215.

PEREIRA, A. & CAMÕES, F. (1998). *Química, 12º ano*. Texto Editora.

PIAGET, J. & INHELDER, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities: conservation and atomism*. Routledge & Kegan Paul, London.

PFUNDT, H. (1981). The atom – the final link in the division process of the first building block? Pre-instructional conceptions about the structure of substances. *Chemica Didactica*, 7, 75-94.

POSNER, G. J. et al. (1982). Accomodation of a Scientific Conception : Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.

RATCLIFFE, M. (1998). *ASE Guide to Secondary Science Education*. The Association for Science Education.

RIBEIRO, M. (1990). *A study of the nature and everyday basics of undergraduates' thermodynamic ideas about some chemical reactions*. Tese de Doutoramento não publicada. Chemical Education Sector, School of Chemical Sciences, University of East Anglia, Norwich, England.

RADOMSKA & RADOMSKI (1980). Calorimetric studies of binary systems of 1,3,5-trinitrobenzene with naphthalene, anthracene and carbazole. I. Phase transitions and heat capacities of the pure components and charge-transfer complexes. *Thermochim. Acta*, 40, 405-414.

ROSA, S. S. (1994). *Construtivismo e mudança*. 29, col. «Questões da nossa época», Cortez Editora.

ROSMORDUC, J. (1983). *De Tales a Einstein*. Editorial Caminho, Lisboa.

RUDIO, F. V. (1986). *Introdução ao projecto de pesquisa científica* (24.^a ed.). Editora Vozes.

SALUSTIANO, C. F. & CAMARGO, J. S. (1999). Trabalho cooperativo no ensino de ciencias. "<http://copsa.cop.es/congresoiberoa/base/educati/a25.htm>"

SANTOS, M. E. (1998). *Mudança conceptual na sala de aula*. Livros Horizonte.

SELLEY, N. J. (1998). Alternative Models for Dissolution. *School Science Review*, **80** (290), 79-83

SERE, M. G. (1985). The Gaseous State. In Driver, R. (Ed), *Children's ideas in science*, Open University Press, England, 105-123.

SOLOMON, J. (1998). About argument and discussion. *School Science Review*, **80** (291), 57-62.

SPIEGEL, MURRAY R. (1994). *Estatística*. (Pedro Consentino, trad.) (3^a ed.). Makron Books, McGraw-Hill (obra publicada em 1961), 283-301.

STAVY, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, **10** (5), 553-560.

SUTTON, C. (1980). Science, language and meaning. *S. S. R.*, **62** (218), 47-56.

SUTTON, C. (1981). Public knowledge and private understandings. Paper presented at the Science Education Conference at Pembroke College, Oxford.

SUTTON, C. (1982a). The language of science. In Sutton, C. and West, L. (ed.s). *Investigating children's existing ideas about science*. A research seminar, April, 1982.

SUTTON, C. (1982b). The origin of pupil's ideas. Occasional paper, School of Education, Leicester.

TURNER, T. & DIMARCO, W. (1998). *Learning to Teach Science in the Secondary School*. Routledge.

VALADARES, J. (1995). *Concepções alternativas no ensino da Física à luz da filosofia da ciência*. Dissertação de doutoramento em Ciências da Educação. Vol. 1 e 2. Universidade Aberta.

VALENTE, M. O. (1981). *Para um ensino criativo da Física*. Centro de Renovação do Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

VILELA, M. C. (1999). *As potencialidades das actividades de modelação na promoção do pensamento crítico no ensino das ciências*. Tese de Mestrado não editada. Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

WELLINGTON, J. (1998). *Practical work in school science. Which way now?* Routledge.

WELLINGTON, J. (1989). *Skills and processes in science education: A critical analysis*. Routledge.

WITTGENSTEIN, L. (1953). *Philosophical Investigations*. Blackwell, Oxford.

Anexos

Anexo 1 – Questionário piloto

Anexo 2 – Questionário experimental (pré e pós-teste)

Anexo 3 – Ficha de controlo

Anexo 4 – Protocolos experimentais

Anexo 5 – Ficha de trabalho “Mudanças de estado”

Anexo 6 – Cálculos realizados no teste estatístico *t de Student*

Anexo 7 – Tabelas de resultados (questionários e fichas de controlo)

Anexo 1 - Questionário piloto

QUESTIONÁRIO

NOTA: Este questionário não tem por objectivo avaliar-te. No entanto, deverás tentar responder a todas as questões, individualmente e de forma consciente, pois só assim o mesmo terá validade para o fim a que se destina.

NOME: _____ Nº.: _____

**PARA CADA UMA DAS SEGUINTE QUESTÕES,
ESCOLHE UMA E UMA SÓ DAS HIPÓTESES DE RESPOSTA**

1. Entre as unidades estruturais que constituem as diferentes substâncias da Natureza existem:

- A. Espaços vazios ☐
- B. Ar ☐
- C. Espaços vazios ou ar. Depende da substância ☐
- D. Poeiras e gases ☐

2. O que se pode dizer acerca das unidades estruturais que constituem as diferentes substâncias existentes na Natureza?

- A. Estão em constante movimento ☐
- B. Estão em repouso ☐
- C. Podem estar em repouso ou em movimento, conforme a substância que se está a considerar ☐
- D. Podem estar em repouso ou em movimento, conforme a temperatura a que se encontre a substância ☐

3. Quando se aquece uma determinada substância, as suas unidades estruturais:

- A. Ficam mais agitadas ☐
- B. Ficam menos agitadas ☐
- C. Não sofrem alteração na sua agitação ☐
- D. Podem ficar mais agitadas ou menos agitadas. Depende da substância. ☐

4. A mudança do estado líquido para o estado gasoso consegue-se mais facilmente:

- A. Arrefecendo a substância ☐
- B. Aquecendo a substância ☐
- C. Comprimindo a substância ☐
- D. Nenhuma das hipóteses anteriores é válida ☐

5. O aumento da temperatura de uma determinada substância provoca:

- A. Um enfraquecimento das forças de ligação devido à diminuição da agitação corpuscular ☐
- B. Um enfraquecimento das forças de ligação devido ao aumento da agitação corpuscular ☐
- C. Uma intensificação das forças de ligação devido à diminuição da agitação corpuscular ☐
- D. Uma intensificação das forças de ligação devido ao aumento da agitação corpuscular ☐

6. Quando se aquece uma substância sólida:

- A. Ela passa ao estado gasoso e depois ao líquido ☐
- B. Ela passa ao estado líquido e depois ao gasoso ☐
- C. Ela passa directamente ao estado gasoso ☐
- D. Nenhuma das hipóteses anteriores é válida ☐

7. O aumento da temperatura de uma determinada substância provoca, geralmente:

- A. Um aumento da sua massa ☐
- B. Um aumento do seu volume ☐
- C. Um aumento da sua densidade ☐
- D. Um aumento do seu ponto de fusão ☐

8. Os espaços existentes entre as unidades estruturais de uma determinada substância são, de uma forma geral, tanto maiores ...

- A. ... quanto maior a temperatura ☐
- B. ... quanto maior a pressão ☐
- C. ... quanto maior a densidade da substância ☐
- D. ... quanto maior a massa de substância ☐

9. A densidade (ou massa volúmica) da água é maior no estado líquido do que no estado sólido. Sendo a densidade igual ao quociente entre a massa do corpo e o volume do corpo ($\rho = m / V$), pode-se dizer que:

- A. No estado sólido, as moléculas de água estão em média mais afastadas do que no estado líquido ☐
- B. No estado sólido, as moléculas de água estão em média mais próximas do que no estado líquido ☐
- C. As moléculas de água estão sempre à mesma distância umas das outras, seja no estado sólido seja no líquido ☐
- D. As moléculas de água são mais pesadas na água líquida do que no gelo ☐

10. O gelo é menos denso que a água líquida porque, quando a água solidifica ("congela"):

- A. O seu volume diminui, mantendo-se constante a massa de água
- B. O seu volume aumenta, mantendo-se constante a massa de água
- C. A sua massa diminui, mantendo-se constante o volume de água
- D. A sua massa aumenta, mantendo-se constante o volume de água

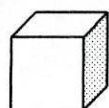
☐
☐
☐
☐

11. Considera um cubo de gelo com a massa de 20 g. Depois de totalmente fundido, ou seja, depois de todo o gelo ter passado ao estado líquido, e desprezando a massa de água que possa sofrer evaporação, qual a massa de água líquida obtida?

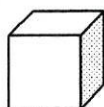
- A. 20 g
- B. Mais de 20 g
- C. Menos de 20 g
- D. Não há dados suficientes para responder à questão

☐
☐
☐
☐

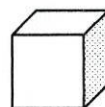
12. Determinou-se a massa de três cubos, todos com o mesmo volume, constituídos por diferentes substâncias:



Prata



Chumbo



Ferro

Sabendo que das três substâncias a mais densa é o chumbo e a menos densa é o ferro, o que se pode dizer acerca das massa dos cubos?

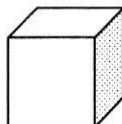
- A. A massa do cubo A é maior que a do cubo B
- B. A massa do cubo B é maior que a do cubo C, sendo A o cubo com menor massa
- C. A massa do cubo A é maior que a do C e menor que a do B
- D. O cubo com maior massa é o C

☐
☐
☐
☐

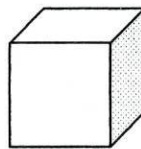
13. Considera três cubos de zinco, de volumes diferentes e, consequentemente, de massas diferentes, todos à mesma temperatura:



A



B



C

O que se pode dizer acerca da densidade de cada cubo?

- A. O cubo A é o mais denso
- B. O cubo B é o mais denso
- C. O cubo C é o mais denso
- D. Os três cubos têm a mesma densidade

☐
☐
☐
☐

***Anexo 2 - Questionário experimental
(pré e pós-testes)***

QUESTIONÁRIO

NOTA: Este questionário não tem por objectivo avaliar-te. No entanto, deverás tentar responder a todas as questões, individualmente e de forma consciente, pois só assim o mesmo terá validade para o fim a que se destina.

NOME: _____ Nº.: _____

**PARA CADA UMA DAS SEGUINTE QUESTÕES,
ESCOLHE UMA E UMA SÓ DAS HIPÓTESES DE RESPOSTA**

1. Entre as unidades estruturais que constituem as diferentes substâncias da Natureza existem:

- A. Espaços vazios ☐
- B. Ar ☐
- C. Espaços vazios ou ar. Depende da substância ☐
- D. Poeiras e gases ☐

2. O que se pode dizer acerca das unidades estruturais que constituem as diferentes substâncias existentes na Natureza?

- A. Estão em constante movimento ☐
- B. Estão em repouso ☐
- C. Podem estar em repouso ou em movimento, conforme a substância que se está a considerar ☐
- D. Podem estar em repouso ou em movimento, conforme a temperatura a que se encontre a substância ☐

3. Quando se aquece uma determinada substância, as suas unidades estruturais:

- A. Ficam mais agitadas ☐
- B. Ficam menos agitadas ☐
- C. Não sofrem alteração na sua agitação ☐
- D. Podem ficar mais agitadas ou menos agitadas. Depende da substância. ☐

4. A mudança do estado líquido para o estado gasoso consegue-se mais facilmente:

- A. Arrefecendo a substância ☐
- B. Aquecendo a substância ☐
- C. Comprimindo a substância ☐
- D. Nenhuma das hipóteses anteriores é válida ☐

10. O gelo é menos denso que a água líquida porque, quando a água solidifica ("congela"):

- A. O seu volume diminui, mantendo-se constante a massa de água
- B. O seu volume aumenta, mantendo-se constante a massa de água
- C. A sua massa diminui, mantendo-se constante o volume de água
- D. A sua massa aumenta, mantendo-se constante o volume de água

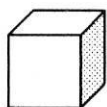
☐
☐
☐
☐

11. Considera um cubo de gelo com a massa de 20 g. Depois de totalmente fundido, ou seja, depois de todo o gelo ter passado ao estado líquido, e desprezando a massa de água que possa sofrer evaporação, qual a massa de água líquida obtida?

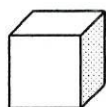
- A. 20 g
- B. Mais de 20 g
- C. Menos de 20 g
- D. Não há dados suficientes para responder à questão

☐
☐
☐
☐

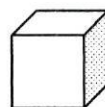
12. Considera três cubos, constituídos por diferentes substâncias, mas todos com o mesmo volume:



Prata



Chumbo



Ferro

O que se poderá dizer acerca da densidade de cada cubo?

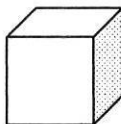
- A. Têm todos a mesma densidade
- B. O cubo com maior massa, é o mais denso
- C. O cubo com menor massa, é o mais denso
- D. O cubo com maior massa, é o menos denso

☐
☐
☐
☐

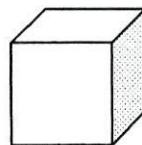
13. Considera três cubos de zinco, de volumes diferentes e, conseqüentemente, de massas diferentes, todos à mesma temperatura:



A



B



C

O que se pode dizer acerca da densidade de cada cubo?

- A. O cubo A é o mais denso
- B. O cubo B é o mais denso
- C. O cubo C é o mais denso
- D. Os três cubos têm a mesma densidade

☐
☐
☐
☐

Anexo 3 - Ficha de controlo

ACTIVIDADE EXPERIMENTAL Nº. ____

Grupo: _____

Nomes: _____

1º - AS NOSSAS PREVISÕES EM RELAÇÃO À ACTIVIDADE QUE VAMOS REALIZAR SÃO:

2º - DURANTE A REALIZAÇÃO DA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL PUDEMOS OBSERVAR:

3º - A NOSSA EXPLICAÇÃO PARA AQUILO QUE OBSERVAMOS É:

4º - AS NOSSAS EXPLICAÇÕES (APÓS DISCUSSÃO COM TODA A TURMA E PROFESSORA) SÃO:

Anexo 4 - Protocolos experimentais

ACTIVIDADE EXPERIMENTAL Nº. 1

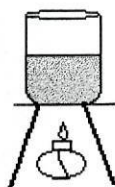
TÍTULO: “Leite com chocolate”

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 2 gobelés
- 1 tripé + rede de amianto
- fósforos
- 1 lamparina de álcool
- leite
- chocolate em pó

MODO DE PROCEDER:

1. Coloca leite em cada um dos gobelés até cerca de metade das suas capacidades.
2. Aquece o leite de um dos gobelés de acordo com a montagem da figura seguinte:



3. Depois de aquecido o leite, coloca um pouco de chocolate em pó em cada um dos gobelés e verifica o que acontece.

ACTIVIDADE EXPERIMENTAL Nº. 2

TÍTULO: “Temperatura, agitação corpuscular e intensidade das interacções corpusculares”

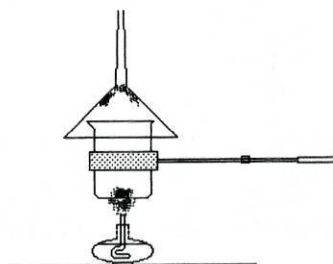
MATERIAL NECESSÁRIO:

1ª parte	2ª parte
1 gobelé	1 gobelé
1 funil de vidro	1 cubo de gelo
1 espátula	1 tenaz
1 tenaz	1 lamparina de álcool
1 lamparina de álcool	1 caixa de fósforos
1 caixa de fósforos	1 caixa de Petri
1 almofariz com mão	
naftaleno (naftalina comum)	

MODO DE PROCEDER:

1ª parte – aquecimento do naftaleno

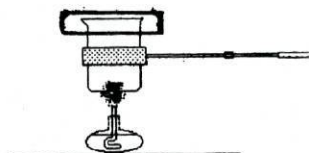
1. Coloca uma bola de naftaleno no almofariz e tritura-a.
2. Com o auxílio da espátula, transfere um pouco do naftaleno triturado para o gobelé.
3. Acende a lamparina de álcool e coloca-a sob o gobelé, suspenso pela tenaz.
4. Coloca o funil de vidro (com a abertura tapada com um pouco de algodão) sobre o gobelé, como se indica na figura:



5. Observa com atenção o que se passa no gobelé e no funil

2ª parte – aquecimento da água

1. Coloca o cubo de gelo no gobelé.
2. Acende a lamparina de álcool e coloca-a sob o gobelé, suspenso pela tenaz.
3. Coloca a caixa de Petri sobre o gobelé, como se indica na figura:



4. Observa com atenção o que se passa no gobelé e na caixa de Petri.

ACTIVIDADE EXPERIMENTAL Nº. 3

TÍTULO: “Factores que têm influência nos espaços intercorpúsculares”

SERÁ QUE OS ESPAÇOS EXISTENTES ENTRE OS CORPÚSCULOS SÃO SEMPRE IGUAIS?

Para responderes a esta questão, realiza a actividade experimental nº. 3 que se encontra dividida em quatro partes, actividades 3A a 3D, sendo que em cada uma delas é analisado um factor que poderá ou não ter influência a nível dos espaços existentes entre os corpúsculos. Esses factores são: 1) *Temperatura*; 2) *Pressão*; 3) *Constituição da matéria*; e 4) *Estado físico*.

ACTIVIDADE 3A – TEMPERATURA (1º FACTOR)

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 1 termómetro
- 1 gobelé
- água
- 1 lamparina de álcool
- fósforos
- tripé + rede de amianto

MODO DE PROCEDER:

1. Coloca água no gobelé até cerca de metade da sua capacidade.
2. Mede a temperatura inicial (T_i) a que se encontra a água e regista o valor obtido.
3. Aquece durante alguns minutos a água do gobelé.
4. Mede a temperatura final (T_f) da água (após aquecimento) e regista o valor obtido.
5. Observa o comportamento do mercúrio no interior do termómetro.

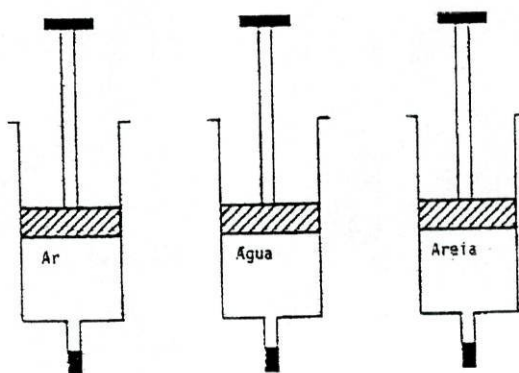
ACTIVIDADE 3B – PRESSÃO (2º FACTOR)

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 3 seringas, uma com farinha, outra com água e a terceira “vazia”

MODO DE PROCEDER:

Pressiona o êmbolo de cada uma das seringas, tapando a abertura com um dedo, e verifica o que acontece.



ACTIVIDADE 3C - CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA (3º FACTOR)

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 4 cubos de diferentes materiais
- 1 balança electrónica
- 1 proveta de 50 cm³
- água

MODO DE PROCEDER:

1. Determina a massa de cada corpo e regista os valores obtidos no quadro A.
2. Coloca água na proveta, até cerca de metade da sua capacidade, e regista no quadro A o valor do volume inicial, V_0 , de água.
3. Introdz cuidadosamente o corpo 1 na proveta inclinando-a um pouco. O corpo deve ficar totalmente mergulhado na água. Regista no quadro A o valor do novo volume, V , indicado na proveta.

4. Repete o procedimento anterior (ponto 3) para os corpos 2, 3 e 4.
5. Calcula o volume de cada corpo, dado por $V_c = V - V_0$, e regista-os no quadro A.
6. Tendo em conta os valores de m e V_c obtidos, calcula o valor da densidade de cada corpo, ρ , e regista-os na última coluna do quadro A.

Quadro A

Propriedades CORPOS	m/ g	V/ cm ³			ρ/ gcm^{-3}
		V ₀	V	V _c	
1					
2					
3					
4					

7. Compara os valores de densidade obtidos com os valores tabelados (tabela 1) e identifica o material de que é feito cada corpo.

TABELA 1 – densidades de alguns materiais

Substância	ρ/ gcm^{-3}
Alumínio	2,7
Zinco	7,1
Ferro	7,9
Latão (63% Cu + 37% Zn)	8,4
Cobre	9,0
Prata	10,5
Chumbo	11,4

corpo 1 - _____

corpo 2 - _____

corpo 3 - _____

corpo 4 - _____

ACTIVIDADE 3D - ESTADO FÍSICO (4º FACTOR)

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 1 proveta com água solidificada
- 1 balança electrónica

MODO DE PROCEDER:

1. Lê o valor do volume de gelo contido na proveta e regista-o.

$$V_{\text{gelo}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Coloca a proveta sobre a balança e regista o valor da massa obtido.

$$m_{\text{gelo} + \text{proveta}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Deixa fundir totalmente o gelo da proveta. Quando todo o gelo tiver fundido, determina a massa do conjunto (água líquida + proveta) e lê o valor do volume de água contido na proveta. Regista os valores obtidos.

$$m_{\text{água líquida} + \text{proveta}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{água líquida}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

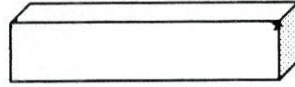
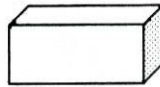
4. Compara os valores da massa e do volume iniciais (antes da fusão) com os valores finais (após fusão).

ACTIVIDADE EXPERIMENTAL Nº. 4

TÍTULO: “Alumínio”

MATERIAL NECESSÁRIO:

- 1 balança electrónica
- 1 proveta de 50 cm³
- três corpos de alumínio de diferentes dimensões (ver figura)



MODO DE PROCEDER:

1. Determina a massa, m , de cada barra de alumínio, com o auxílio da balança, e regista os valores obtidos no quadro A.

Quadro A

Propriedades	m/ g	V/ cm ³			ρ / gcm ⁻³
CORPOS		V ₀	V	V _c	
1					
2					
3					

2. Coloca água na proveta, até cerca de metade da sua capacidade, e regista no quadro A o valor do volume inicial, V_0 , de água.
3. Introdz cuidadosamente o corpo 1 na proveta inclinando-a um pouco. O corpo deve ficar totalmente mergulhado na água. Regista no quadro A o valor do novo volume, V , indicado na proveta.
4. Repete o procedimento anterior (ponto 3) para os corpos 2 e 3.
5. Calcula o volume de cada corpo, dado por $V_c = V - V_0$, e regista-os no quadro A.
6. Tendo em conta os valores de m e V_c obtidos, calcula o valor da densidade de cada corpo, ρ , e regista-os na última coluna do quadro A.
7. Compara, criticando, os valores obtidos com o valor tabelado para a densidade do alumínio. ($\rho(\text{Al}) = 2,7 \text{ g/cm}^3$)

Anexo 5 - Ficha de trabalho “Mudanças de estado”

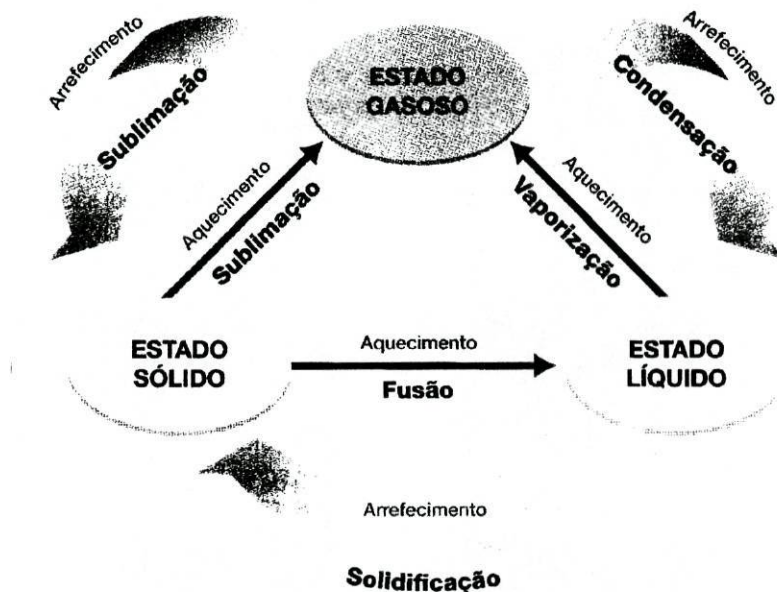
MUDANÇAS DE ESTADO

O estado físico de uma substância, a uma determinada pressão e temperatura, resulta do balanço entre interações corpusculares e agitação corpuscular: *quanto mais intensas forem as interações corpusculares, menor será a agitação corpuscular.*

Por alteração da agitação corpuscular, é possível provocar uma mudança de estado físico. Esta ocorrerá no momento em que a agitação corpuscular vencer as forças atractivas existentes entre os corpúsculos (interacções corpusculares).

As mudanças de estado (fig. 1) são transformações físicas que ocorrem nas substâncias, em que há uma alteração do estado de agregação das partículas.

Figura 1 – Mudanças de estado



Questão: “QUAL A RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA, AGITAÇÃO CORPUSCULAR E MUDANÇAS DE ESTADO?”

Resposta: _____

***Anexo 6 – Cálculos necessários ao teste estatístico
t de Student***

TESTE *t* de Student - CÁLCULOS

Os elementos necessários para os cálculos inerentes ao teste estatístico *t* de Student, encontram-se registados na tabela 1, sendo que o significado dos símbolos apresentados no quadro é o seguinte:

- X₁ – valores obtidos no pré-teste
- X₂ – valores obtidos no pós-teste
- D – diferença entre os valores obtidos nos dois testes (D = X₁ – X₂)
- N - número de alunos (tamanho da amostra)
- Σ - somatório dos valores obtidos

Tabela 1 – Elementos necessários para os cálculos inerentes ao teste t de Student

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	N = 19
X ₁	5	6	3	3	3	3	6	3	3	7	7	4	6	6	7	2	7	2	1	Σ = 83
X ₂	11	11	10	8	9	9	13	10	11	13	11	10	9	9	12	11	11	10	7	Σ = 195
D	6	5	7	5	6	6	7	7	8	6	4	6	3	3	5	9	4	8	6	
D ²	36	25	49	25	36	36	49	49	64	36	16	36	9	9	25	81	16	64	36	Σ = 697

CÁLCULOS

1º. Cálculo das médias aritméticas dos valores obtidos nos dois testes:

$$\bar{X}_1 = \frac{\Sigma X_1}{N} = \frac{83}{19} = 4,37$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\Sigma X_2}{N} = \frac{195}{19} = 10,26$$

2º. Determinação do desvio padrão:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma D^2}{N} - (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2} = \sqrt{\frac{697}{19} - (4,37 - 10,26)^2} = \sqrt{1,99}$$

3º. Determinação do erro padrão da diferença:

$$\sigma_{dif} = \frac{S}{\sqrt{N-1}} = \frac{\sqrt{1,99}}{\sqrt{19-1}}$$

4º. Determinação da estatística *t* experimental (*t*₀):

$$t_0 = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sigma_{dif}} = \frac{4,37 - 10,26}{\frac{\sqrt{1,99}}{\sqrt{18}}} \cong 17,714$$

5º. Determinação no número de graus de liberdade:

$$g_t = N - 1 = 18$$

A consulta da tabela 2 permite verificar que o valor de *t* (*t*_c), para um nível de significância de 0,05 e para 18 graus de liberdade, é de 2,101.

Tabela 2 – Valores de *t* aos Níveis de Significância de 0,05 e 0,01.

<i>g_t</i>	0,05	0,01	<i>g_t</i>	0,05	0,01
1	12,706	63,657	21	2,080	2,831
2	4,303	9,925	22	2,074	2,819
3	3,182	5,841	23	2,069	2,807
4	2,776	4,604	24	2,064	2,797
5	2,571	4,032	25	2,060	2,787
6	2,447	3,707	26	2,056	2,779
7	2,365	3,499	27	2,052	2,771
8	2,306	3,355	28	2,048	2,763
9	2,262	3,250	29	2,045	2,756
10	2,228	3,169	30	2,042	2,750
11	2,201	3,106	40	2,021	2,704
12	2,179	3,055	60	2,000	2,660
13	2,160	3,012	120	1,980	2,617
14	2,145	2,977	∞	1,960	2,576
15	2,131	2,947			
16	2,120	2,921			
17	2,110	2,898			
18	2,101	2,878			
19	2,093	2,861			
20	2,086	2,845			

Anexo 7 – Tabelas de resultados (questionários e fichas de controlo)

Tabela 1 – Resultados obtidos nos questionários (pré e pós-testes).

Tabela 2 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 1

Tabela 3 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 2

Tabela 4 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3A

Tabela 5 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3B

Tabela 6 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3C

Tabela 7 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3D

Tabela 8 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 4

Tabela 1 – Resultados obtidos nos pré e pós-testes

Questão		Freq. Abs.		ALUNOS																			% erro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
				A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	A	5	11	✓																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Tabela 1 – (continuação)

Questão		Frequência		ALUNOS																			% erro		
		*	*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19			
8	A	7	17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	B	3	0																				*		
	C	8	0																				*		
	D	1	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	63 11		
9	A	3	16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	B	14	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	84 16		
	C	2	0																						
	D	0	0																						
10	A	8	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	74 16		
	B	5	16																						
	C	4	0																						
	D	2	0																						
11	A	5	13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	74 32		
	B	7	2																						
	C	6	1	✓																					
	D	1	3																						
12	A	11	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	74 21		
	B	5	15																						
	C	1	1																						
	D	2	0																						
13	A	2	2																						
	B	1	0																						
	C	14	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90 21		
	D	2	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
COTAÇÃO				5	11	6	11	3	10	3	8	3	9	3	9	3	6	13	3	10	3	7	11	1	7

Tabela 2 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 1

AE 1	IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
<i>Previsões</i>	O chocolate vai dissolver-se no leite quente, mas não no leite frio	✓							
	O chocolate vai dissolver-se quer no leite quente quer no frio							✓	
	O chocolate vai dissolver-se mais rapidamente no leite quente que no frio		✓	✓	✓	✓	✓		
	O leite frio não vai reagir com o chocolate	✓							
	Vai transformar-se em leite achocolatado					✓			
	O leite vai mudar de cor						✓		
<i>Observações</i>	O chocolate dissolveu-se mais rapidamente no leite quente que no frio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Com o leite quente, sentiu-se o cheiro do chocolate que chegou até nós através do vapor						✓		
<i>Explicações pré-discussão</i>	Maior agitação das partículas no leite quente		✓	✓	✓				2
	A dissolução é mais rápida no leite quente devido à temperatura					✓		✓	OI
	Apenas no leite quente há agitação dos corpúsculos e ruptura de ligações, surgindo mais espaços vazios para o chocolate se meter						✓		IA
	O leite quente absorve o chocolate mais rapidamente	✓							OI
<i>Explicações pós-discussão</i>	Movimento constante das partículas, quer no leite quente quer no frio	✓		✓		✓	✓		1
	Com o aquecimento, as partículas ficam mais agitadas	✓	✓	✓	✓	✓		✓	2
	Existem espaços vazios no leite		✓			✓	✓		3
	No leite frio, porque as partículas não estão muito agitadas, não se juntam		✓						OI

Tabela 3 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 2

AE 2	IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
<i>Previsões</i>	O naftaleno vai passar directamente ao estado gasoso		✓			✓	✓	
	O gelo vai passar ao estado líquido e depois ao gasoso		✓	✓	✓		✓	
	O naftaleno e a água vão mudar de estado físico							✓
	O naftaleno vai passar ao estado líquido e depois ao gasoso			✓				
	O naftaleno vai derreter				✓			
	O naftaleno vai dissolver-se passando ao estado líquido	✓		✓				
	Com o aumento da temperatura a agitação corpuscular vai aumentar		✓					
	Vai ocorrer a fusão do gelo					✓		
<i>Observações</i>	O naftaleno passou directamente ao estado gasoso	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	O gelo passou ao estado líquido e depois ao gasoso		✓		✓	✓	✓	✓
	O naftaleno gasoso, ao tocar nas paredes do gobelé e do funil, ficou no estado sólido			✓	✓	✓	✓	
	As paredes do gobelé e do funil ficaram embaciadas e com pintinhas brancas	✓						
	O naftaleno dissolveu-se, ou seja, passou do estado sólido para o gasoso			✓				
<i>Explicações pré-discussão</i>	As interacções corpusculares no naftaleno são fracas e no gelo são fortes						✓	1 + 2
	As interacções corpusculares são mais intensas no gelo				✓	✓	✓	1
	Com o aquecimento, os corpúsculos do gelo ficam menos agitados, passam pelo estado líquido, demorando mais tempo a passar ao gasoso; no naftaleno, os corpúsculos ficam mais agitados, havendo ruptura de ligações			✓				IA

(continua)

(continuação)

AE 2		IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
<i>Explicações pré- -discussão</i>	O gelo passa primeiro ao estado líquido porque essa já é a sua tendência, mesmo sem aquecimento; o naftaleno, pelo contrário, tende a passar ao estado gasoso	✓								IA
	Entre as unidades estruturais do naftaleno há espaços, o que faz com que elas subam para o funil		✓							IA
	O aumento da temperatura faz aumentar a agitação corpuscular, as interações corpusculares são vencidas, ocorrendo a mudança de estado físico		✓							OI
<i>Explicações pós- -discussão</i>	As interações corpusculares no naftaleno são fracas e na água são fortes		✓		✓	✓	✓	✓		1 + 2
	Com o aquecimento, há um aumento da agitação corpuscular, o que origina a mudança de estado físico			✓	✓		✓	✓		OI
	O naftaleno solidifica ao tocar nas paredes do gobelé e do funil por estas estarem frias	✓		✓		✓	✓			3

Tabela 4 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3A

AE 3A	IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
<i>Previsões</i>	O mercúrio vai subir ao longo do termómetro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Observações</i>	O mercúrio subiu ao longo do termómetro	✓		✓	✓	✓	✓		
	A temperatura subiu	✓	✓					✓	
<i>Explicações pré-discussão</i>	Há um aumento da agitação corpuscular		✓	✓	✓		✓	✓	1
	As partículas do mercúrio afastam-se umas das outras e são obrigadas a subir ao longo do tubo porque o reservatório de mercúrio é pequeno				✓		✓		3
	À medida que a temperatura aumenta, as ligações do mercúrio ficam mais fracas			✓					2
	À medida que a temperatura aumenta, as partículas não têm para onde ir, subindo ao longo do tubo					✓			OI
	Não sabemos	✓							OI
<i>Explicações pós-discussão</i>	Há um aumento da agitação corpuscular		✓	✓	✓		✓	✓	1
	Com o aumento da temperatura, as partículas do mercúrio afastam-se umas das outras		✓	✓	✓	✓	✓	✓	3
	As ligações do mercúrio ficam mais fracas			✓			✓		2
	O mercúrio sobe e vai ocupar o espaço vazio existente no termómetro	✓	✓	✓					OI
	Com o aumento da temperatura, as partículas do mercúrio dilatam-se	✓							IA

Tabela 5 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3B

AE 3B	IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
Previsões	O êmbolo desloca-se nas três situações						✓	✓	
	O mais fácil de comprimir é a farinha e o mais difícil é o ar						✓		
	O êmbolo só não se desloca no caso da farinha					✓			
	O êmbolo apenas se desloca no caso da farinha		✓						
	Nenhum dos materiais vai sair das seringas	✓							
	A pressão vai aumentar nas três seringas			✓					
	Devido à pressão, os espaços vazios no ar vão diminuir			✓	✓				
	Os espaços vazios, na farinha e na água, vão ser ocupados com ar			✓					
	Na seringa com ar as partículas vão ficar mais agitadas				✓				
Observações	O êmbolo deslocou-se apenas na seringa que continha ar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Explicações pré-discussão	Ao comprimir o ar, os espaços entre os seus corpúsculos diminuíram				✓				3
	No estado gasoso as partículas estão muito afastadas umas das outras, estando mais próximas no estado líquido e ainda mais próximas no estado sólido						✓		1 + 2
	Na água e na farinha os espaços vazios são menores que os do ar					✓			2
	No ar, os espaços vazios são muito grandes	✓	✓	✓	✓			✓	1
	Na água e na farinha não existem espaços vazios	✓	✓	✓				✓	1A
Explicações pós-discussão	Com o aumento da pressão, os espaços intercorpúsculares diminuem				✓	✓	✓	✓	3
	Existem espaços nos três materiais, mas na farinha e na água estes são muito pequenos e no ar são muito grandes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1 + 2
	O espaço intercorpúscular é vazio		✓				✓	✓	4

Tabela 6 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3C

AE 3C		IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
<i>Previsões</i>		O nível da água vai subir, tornando possível a determinação do volume de cada cubo						✓	
		O nível da água vai subir de acordo com o peso de cada cubo			✓	✓			✓
		O nível da água vai subir					✓		
		Os cubos vão afundar	✓						
		O cubo mais pesado vai ao fundo mais depressa		✓					
<i>Observações</i>		O nível da água subiu	✓	✓			✓	✓	✓
		Os cubos têm massas diferentes, mas volumes praticamente iguais			✓	✓	✓	✓	
		O cubo com maior massa é o mais denso						✓	✓
		O cubo mais denso é o de chumbo e o menos denso é o de alumínio					✓		
<i>Explicações pré-discussão</i>		A massa dos cubos é tanto menor quanto maiores os espaços vazios		✓			✓		3
		A massa dos cubos é tanto menor quanto menores os espaços vazios			✓	✓		✓	IA
		Apenas nos cubos de menor massa existem espaços vazios						✓	IA
		Não sei	✓						OI
<i>Explicações pós-discussão</i>		A massa dos corpos depende do material que os constitui	✓				✓	✓	1
		Os espaços intercorpúsculares diferem de material para material			✓	✓	✓		2
		A massa de um corpo é tanto menor quanto maiores os espaços intercorpúsculares	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3
		Em todos os materiais há espaços vazios	✓	✓	✓		✓		OI

Tabela 7 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental 3D

AE 3D	IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
<i>Previsões</i>	A massa vai permanecer constante			✓				✓	
	A massa vai aumentar	✓							
	A massa vai diminuir				✓	✓	✓		
	O volume vai permanecer constante					✓			
	O volume vai aumentar						✓		
	O volume vai diminuir	✓	✓	✓	✓			✓	
<i>Observações</i>	A massa permaneceu constante	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	O volume diminuiu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Explicações pré- -discussão</i>	Os corpúsculos são sempre os mesmos, não se criam nem se perdem							✓	1
	Os espaços intercorpúsculares diminuíram	✓	✓	✓	✓		✓	✓	2
	Os corpúsculos ficaram mais pequenos					✓			IA
<i>Explicações pós- -discussão</i>	Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1
	Os espaços intercorpúsculares no gelo são maiores do que na água líquida	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2

Tabela 8 – Resultados obtidos nas fichas de controlo referentes à actividade experimental nº. 4

AE 4		IDEIAS APRESENTADAS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Previsões	A massa dos cubos vai ser tanto maior quanto maior o volume	✓	✓	✓		✓			
	O nível da água vai subir	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	Os três cubos têm a mesma densidade pois são do mesmo material			✓	✓	✓	✓		
	As densidades dos três cubos vão ser diferentes		✓					✓	
Observações	Os três cubos têm a mesma densidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	O corpo que tem maior massa é o de maior volume		✓		✓	✓	✓		
Explicações pré-discussão	A densidade não depende nem da massa nem do volume dos corpos						✓	✓	2
	O volume e a massa aumentam na mesma proporção			✓	✓				3
	Os espaços intercorpúsculares são iguais				✓	✓			1
	Os espaços intercorpúsculares são diferentes		✓						1A
	Não sei	✓							01
Explicações pós-discussão	A densidade é uma propriedade característica de cada corpo, dependendo do material que o constitui, da temperatura, da pressão e do estado físico em que este se encontra						✓		2
	A densidade é uma propriedade característica de cada material				✓			✓	2
	A densidade não depende nem da massa nem do volume dos corpos, pois estes aumentam na mesma proporção	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2 +
	Para um mesmo material, os espaços intercorpúsculares são iguais		✓	✓	✓	✓	✓		1