

Paula Maria Coelho Pereira França

**AQUECIMENTO GLOBAL E DEGRADAÇÃO DA CAMADA
DE OZONO - ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO
SECUNDÁRIO**



**Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Janeiro de 2002**

Paula Maria Coelho Pereira França

**AQUECIMENTO GLOBAL E DEGRADAÇÃO DA CAMADA
DE OZONO - ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO
SECUNDÁRIO**



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
Janeiro de 2002**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de exprimir os meus mais sinceros agradecimentos a todos os que, directa ou indirectamente, estiveram envolvidos no trabalho que agora se apresenta.

Aos Professores, Doutora Gabriela Ribeiro e Doutora Maria João Araújo, supervisoras deste trabalho, pela inestimável disponibilidade, orientação, materiais disponibilizados, suporte e incentivos prestados durante a sua realização.

Aos Professores, Doutora Joan Solomon, Doutor Roger Maskill e Doutor Duarte Costa Pereira pelos debates de ideias enriquecedores, e pelas valiosas opiniões, críticas e incentivos que se revelaram um contributo insubstituível para a realização deste trabalho.

Às colegas, Dr^a Fernanda Fernandes e Dr^a Luísa Passos pela disponibilidade prestada para a validação do Modelo Educacional.

Aos alunos da turma B do 12º ano da Escola Secundária da Maia, no ano lectivo de 1999/2000, por todo o empenho e colaboração que prestaram ao longo de todas as tarefas que lhes foram propostas e que tornou possível a concretização deste trabalho.

Aos alunos, professores e instituições envolvidas nos questionários utilizados no trabalho de investigação.

Ao meu marido e filhas que sentiram de perto as dificuldades vividas mas sempre me incentivaram e apoiaram.

RESUMO

Foram objectivos deste estudo conhecer as ideias de alunos portugueses acerca do Aquecimento Global e da Degradação da Camada do Ozono, e intervir na sala de aula, para promover a aprendizagem relativa a estes fenómenos.

O estudo foi dividido em duas fases.

Na primeira fase, destinada a conhecer as ideias de alunos portugueses acerca dos fenómenos ambientais acima referidos, a amostra foi constituída por alunos do 12º ano sem frequência da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, bloco III – onde o tema é abordado –, por alunos do 12º ano com frequência dessa disciplina e por alunos do 4º ano da licenciatura em Química – Ramo Educacional. Aplicaram-se a esta amostra dois questionários já utilizados em outros estudos, um de forma aberta/fechada e outro de forma fechada. Através deles foi possível concluir genericamente que os vários grupos estudados apresentavam um conhecimento acerca do Aquecimento Global mais baixo do que acerca da Degradação da Camada do Ozono, um baixo conhecimento das radiações electromagnéticas envolvidas nestes fenómenos ambientais e da sua interacção com a matéria, e um conhecimento genérico acerca destes fenómenos, inferior ao que seria de esperar para o nível do 12º ano.

A segunda fase do presente estudo foi uma consequência dos resultados encontrados nos questionários da primeira fase que deram o impulso necessário para a intervenção na sala de aula. Esta fase decorreu no âmbito da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, bloco III, com alunos do 12º ano. A implementação da uma metodologia de ensino incluiu a discussão oral de ideias – com recurso à gravação de debates, que permitiu diagnosticar as ideias dos alunos sobre o tema –, o trabalho de grupo sob a forma de projecto de trabalho global, e a utilização dos questionários, utilizados na primeira fase como forma de avaliar a metodologia utilizada. Foi possível concluir, genericamente, que as ideias dos alunos antes do estudo do tópico são consistentes com as apresentadas no estudo desenvolvido na primeira fase e que houve uma aprendizagem significativa após a leccionação do tópico segundo a metodologia adoptada.

SUMMARY

The main subjects in this study was to know the portuguese students' ideas concerning the Global Warming and about the Ozone Layer Depletion, and to take these topics to the classroom in order to promote the learning regarding these phenomena.

The study was divided in two phases.

In the first phase, which purpose was to know the portuguese students' ideas concerning the environmental phenomena above-mentioned, the sample was constituted by the 12th level students who don't attend the Technical of Chemistry Laboratories, block III, classes – where the theme is usually approached –, the 12th level students who regularly attend these classes and the 4th year students of the academic degree in Chemistry (Teaching career). Two questionnaires already used in other studies were applied to the sample, one of open/closed form and another of closed form. Through them it was possible, in a global way, to conclude that the several studied groups presented one knowledge of the Global Warming lower than the one they had about the Ozone Layer Depletion, an ignorance of the electromagnetic radiations involved in these environmental phenomena's and of its interaction with the matter, and a generic knowledge concerning these phenomena's below than it was expected to the 12th level.

The second phase of the present study was a consequence of the results found in the questionnaires of the first phase, which gave the necessary impulse for the intervention in the classroom. This phase occurred with the 12th level students in the Technical of Chemistry Laboratories, block III, classes. The teaching methodology included the oral discussion of ideas – debates which were tape recorded to enable a diagnosis of the students' ideas on the theme –, the group work as a global project work, and finally the use of the questionnaires already used in the first phase – to evaluate the used methodology.

It was possible to conclude, generically, that the students' ideas, before the study of the topic, are consistent with those presented in the study developed in the first phase and that there was a significant learning, after the teaching of the topic according to the methodology that was adopted.

RÉSUMÉ

Les objectifs de cet étude ont été la connaissance des idées des étudiants portugais à propos du Chauffage Global et de la Dégradation de la Couche d'Ozone, et l'intervention dans la salle de classe, pour encourager l'apprentissage qui regarde ces phénomènes.

Cet étude a été divisée en deux parties.

Dans la première partie, destinée à connaître les idées des étudiants portugais à propos des phénomènes de l'environnement déjà cités, l'échantillon a été constitué par les étudiants du 12^e niveau sans fréquence de la discipline de Techniques de Laboratoire de Chimie, bloc III, - où le thème est abordé -, par les étudiants du 12^e niveau avec fréquence de cette discipline, et par les étudiants de la 4^e année du grade en Chimie pour l'Enseignement. On a appliqué à cet échantillon deux questionnaires déjà utilisés dans d'autres études, l'un de forme ouverte/fermée et un autre de forme fermée. À travers eux il a été possible de conclure génériquement que les plusieurs groupes étudiés ont présenté une connaissance sur le Chauffage Global inférieur à celle qu'ils possèdent sur la Dégradation de la Couche d'Ozone, une ignorance des radiations électromagnétiques impliquées dans ces phénomènes de l'environnement et de son interaction avec la matière, et une connaissance générique sur ces phénomènes, au dessous de ce qu'il serait attendu au 12^e niveau.

La deuxième partie de cet étude a été une conséquence des résultats trouvés dans les questionnaires de la première partie, qui ont donné l'impulsion nécessaire pour l'intervention dans la salle de classe. Cette partie a été développée dans la compétence de la discipline de Techniques de Laboratoire de Chimie, bloc III, avec les étudiants du 12^e niveau. La mise en oeuvre d'une méthodologie d'enseignement a compris la discussion orale d'idées – avec ressource à l'enregistrement de débats, qui a permit le diagnostic des idées des étudiants sur le thème –, le travail en groupe sous la forme de projet de travail global, et l'usage des questionnaires utilisés dans la première partie en tant que forme d'évaluation du succès obtenu par la méthodologie suivie.

Il a été possible de conclure, génériquement, que les idées des étudiants, avant l'étude du sujet, sont consistantes avec celles présentées dans l'étude développé dans la première partie et qu'il y a eu un apprentissage significatif, après l'enseignement du topique selon la méthodologie adoptée.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	2
RESUMO	3
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE QUADROS	13

CAPÍTULO 1	15
INTRODUÇÃO	

1.1 – Enquadramento do estudo	15
1.2 – Problema a estudar	16
1.2.1 – Tópico a estudar	16
1.2.2 – Escolha do nível de ensino	17
1.2.3 – Finalidades do estudo	18
1.2.4 – Desenho do estudo	19

CAPÍTULO 2	21
REVISÃO DE LITERATURA	

2.1 – Literatura relacionada com o tópico a estudar	21
2.2 – Conclusão	29

CAPÍTULO 3	30
FASE I – METODOLOGIA	

3.1 – Objectivos	30
3.2 – Amostra	30
3.3 – Selecção e descrição da metodologia usada	31
3.4 – Selecção e descrição da metodologia para análise dos dados	34

36

CAPÍTULO 4
FASE I – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Questionário aberto/fechado	36
4.1.1 – O que é o efeito de estufa?	36
4.1.2 – O que causa o efeito de estufa?	42
4.1.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós? Explique.	46
4.1.4 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa?	49
4.1.5 – O que é o “buraco” de ozono?	52
4.1.6 – O que causa o “buraco” de ozono?	53
4.1.7 – O “buraco” de ozono é bom ou mau para nós? Explique.	57
4.1.8 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono?	63
4.2 – Questionário fechado	67
4.2.1 – Relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono	69
4.2.2 – O que causa o Aquecimento Global	69
4.2.3 – Efeitos do Aquecimento Global	69
4.2.4 – O que faz aumentar o Aquecimento Global	70
4.2.5 – O que faz diminuir o Aquecimento Global	70
4.2.6 – Efeitos da Degradação da Camada de Ozono	71
4.2.7 – O que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono	71
4.2.8 – Emissão de radiação	71

73

CAPÍTULO 5
FASE I – CONCLUSÕES

5.1 – Acerca do Efeito de Estufa	73
5.2 – Acerca do que causa o Efeito de Estufa	74
5.3 – Acerca do que pode diminuir a extensão do Efeito de Estufa	74
5.4 – Acerca do que causa o Aquecimento Global	75
5.5 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global	75
5.6 – Acerca do que faz aumentar o Aquecimento Global	75
5.7 – Acerca do que faz diminuir o Aquecimento Global	75
5.8 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono	76

5.9 – Acerca do que causa a Degradação da Camada de Ozono	76
5.10 – Acerca do que pode diminuir a Degradação da Camada de Ozono	77
5.11 – Acerca dos efeitos da Degradação da Camada de Ozono	77
5.12 – Acerca do que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono	77
5.13 – Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono	78
5.14 – Acerca da emissão de radiação	78
5.15 – Conclusão	78

CAPÍTULO 6

FASE II – METODOLOGIA

6.1 – Objectivos	79
6.2 – Amostra	79
6.3 – Selecção e descrição da metodologia usada	79
6.4 – Selecção e descrição da metodologia para a análise dos dados	88

CAPÍTULO 7

FASE II – RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 – Debate inicial	90
7.1.1 – Acerca da atmosfera	90
7.1.2 – Acerca do que causa o Aquecimento Global	90
7.1.3 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global	91
7.1.4 – Acerca do que diminui o Aquecimento Global	91
7.1.5 – Acerca do “buraco” de ozono	91
7.1.6 – Acerca das radiações	91
7.2 – Diário de pesquisa	92
7.2.1 – Acerca do que causa o Aquecimento Global	92
7.2.2 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global	92
7.2.3 – Acerca do que diminui o Aquecimento Global	93
7.2.4 – Acerca da Camada de Ozono	93
7.2.5 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono	93

7.2.6 – Acerca das radiações	93
7.2.7 – Acerca dos CFCs	93
7.2.8 – Acerca dos protectores solares	94
7.3 – Projectos de trabalho globais	94
7.4 – Debate final	95
7.5 – Questionários	95
7.5.1 – Questionário aberto/fechado	95
7.5.1.1 – O que é o efeito de estufa?	95
7.5.1.2 – O que causa o efeito de estufa?	99
7.5.1.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós? Explique.	101
7.5.1.4 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa?	103
7.5.1.5 – O que é o “buraco” de ozono?	105
7.5.1.6 – O que causa o “buraco” de ozono?	106
7.5.1.7 – O “buraco” de ozono é bom ou mau para nós? Explique.	108
7.5.1.8 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono?	111
7.5.2 – Questionário fechado	113
7.5.2.1 – Relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono	115
7.5.2.2 – O que causa o Aquecimento Global	115
7.5.2.3 – Efeitos do Aquecimento Global	115
7.5.2.4 – O que faz aumentar o Aquecimento Global	115
7.5.2.5 – O que faz diminuir o Aquecimento Global	116
7.5.2.6 – Efeitos da Degradação da Camada de Ozono	116
7.5.2.7 – O que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono	116
7.5.2.8 – Emissão de radiação	117

CAPÍTULO 8

118

FASE II – CONCLUSÕES

8.1 – Acerca da metodologia seguida	118
8.2 – Acerca da aprendizagem	120
8.2.1 – Intervenção	120
8.2.2 – Questionários	120

8.2.2.1 – Acerca do Efeito de Estufa	120
8.2.2.2 – Acerca do que causa o Efeito de Estufa	121
8.2.2.3 – Acerca do que pode diminuir a extensão do Efeito de Estufa	121
8.2.2.4 – Acerca do que causa o Aquecimento Global	121
8.2.2.5 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global	122
8.2.2.6 – Acerca do que faz aumentar o Aquecimento Global	122
8.2.2.7 – Acerca do que faz diminuir o Aquecimento Global	122
8.2.2.8 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono	122
8.2.2.9 – Acerca do que causa a Degradação da Camada de Ozono	123
8.2.2.10 – Acerca do que pode diminuir a Degradação da Camada de Ozono	123
8.2.2.11 – Acerca dos efeitos da Degradação da Camada de Ozono	123
8.2.2.12 – Acerca do que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono	123
8.2.2.13 – Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono	124
8.2.2.14 – Acerca da emissão de radiação	124
8.3 – Conclusão	124

CAPÍTULO 9 125

CONCLUSÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

9.1 – Avaliação da aprendizagem	125
9.1.1 – Acerca do Efeito de Estufa	125
9.1.2 – Acerca do Aquecimento Global	127
9.1.3 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono	129
9.1.4 – Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono	131
9.1.5 – Acerca da emissão de radiação	132
9.1.6 – Conclusões acerca da avaliação da aprendizagem	132
9.2 – Limitações do estudo	134
9.3 – Implicações educacionais	134

ANEXOS

137

ANEXO 1 – Modelo Educacional	138
ANEXO 2 – Excerto do Programa Oficial da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, bloco III	166
ANEXO 3 – Questionário aberto/fechado	169
ANEXO 4 – Questionário fechado	171
ANEXO 5 – Materiais fornecidos aos alunos para consulta e pesquisa	173

BIBLIOGRAFIA

181

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – As várias regiões da atmosfera (fonte: Chang, 1994)	141
Fig. 2 – Balanço Global de energia da Terra (Fonte: Seinfeld et al, 1998)	143
Fig. 3 – O ciclo do Carbono (Fonte: Internet – Group Projects 1996: <i>Group 1. Global Warming</i>)	147
Fig. 4 – Concentrações de CO ₂ medidas em Mauna Loa, Hawai de 1958 a 1997 (Fonte: Christianson, 1999)	149
Fig. 5 – Diminuição do ozono (cor rosa) cobrindo uma área semelhante à América do Norte (Fonte – Internet: Group Projects 1996: <i>Group 2: Ozone Layer</i>)	161

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 – Desenho da experiência	20
Quadro 3.1 – Amostra	30
Quadro 4.1 – O que é o efeito de estufa	37
Quadro 4.2 – O que causa o efeito de estufa	43
Quadro 4.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós	46
Quadro 4.4 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa bom para nós	46
Quadro 4.5 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa mau para nós	47
Quadro 4.6 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa	50
Quadro 4.7 – O que é o “buraco” de ozono	52
Quadro 4.8 – O que causa o “buraco” de ozono	54
Quadro 4.9 – Razões apresentadas para justificar por que é mau para nós o “buraco” de ozono	57
Quadro 4.10 – Danos resultantes do “buraco” de ozono	59
Quadro 4.11 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono	64
Quadro 4.12 – Questionário fechado	68
Quadro 6.1 – Amostra	79
Quadro 6.2 – Etapas da acção, instrumentos e momentos de avaliação	82
Quadro 6.3 – Questões para os “projectos de trabalho globais”	84
Quadro 6.4 – Composição dos grupos de trabalho	85
Quadro 7.1 – Classificações atribuídas aos “projectos de trabalho globais”	94
Quadro 7.2 – O que é o efeito de estufa	96
Quadro 7.3 – O que causa o efeito de estufa	99
Quadro 7.4 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós	101
Quadro 7.5 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa bom para nós	101
Quadro 7.6 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa mau para nós	102
Quadro 7.7 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa	103
Quadro 7.8 – O que é o “buraco” de ozono	105
Quadro 7.9 – O que causa o “buraco” de ozono	106

Quadro 7.10 – Razões apresentadas para justificar por que é mau para nós o “buraco” de ozono	108
Quadro 7.11 – Danos resultantes do “buraco” de ozono	109
Quadro 7.12 - Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono	112
Quadro 7.13 – Questionário fechado	114

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 – Enquadramento do estudo

Atendendo a que o Aquecimento Global é uma séria ameaça para a biosfera, este assunto tem vindo a receber especial atenção dos cientistas, legisladores, e educadores uma vez que este problema adquiriu uma dimensão mundial que resulta do agravamento do Efeito de Estufa. A educação acerca destes assuntos é cada vez mais importante, até porque estes problemas ambientais à escala mundial necessitam para a sua resolução, de mudanças no estilo de vida das pessoas, nos seus hábitos, bem como de acções inter-governamentais. É necessário investir na educação dos cidadãos em geral e das crianças em particular, já que elas serão afectadas no futuro se a humanidade não tomar em atenção estes problemas.

Todavia, este é sem dúvida um assunto complicado com vários problemas associados. Fortner et al (2000), referindo-se ao Aquecimento Global, num estudo sobre a Percepção Pública da Mudança do Clima, concluíram que os *media* usados pela comunidade científica oferecem expressões mais cautelosas ao interpretarem a ciência do que as que aparecem nos *mass media*. Isso é esperado quando se considera a natureza da ciência, que frequentemente não lida com termos absolutos e que é refutável perante a aquisição de novas evidências. Os repórteres dos *mass media* podem entender a cautela dos cientistas como uma indicação de que eles não têm a certeza, e que os desentendimentos se baseiam em factos contraditórios em vez de interpretações alternativas. O repórter tenta mostrar os factos, e ao fazê-lo pode apresentar algumas interpretações como absolutas por não delimitar as afirmações especulativas. Investigações recentes sobre o entendimento dos alunos sobre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono parecem implicar que quanto mais incerto um problema ambiental é, mais os alunos tendem a ter ideias alternativas sobre o problema. De facto, os conhecimentos científicos em que se baseiam o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono são complexos. Como referem Rye et al (1997), os nossos conhecimentos acerca de um fenómeno tão complicado como o Aquecimento Global, incluindo as inter-relações com a Degradação da Camada de Ozono, são ténues e podem alterar-se à medida que são revelados novos dados de estudos científicos. Andersson e Wallin

(2000) concluem obviamente que, temos de aumentar o conhecimento dos alunos sobre os processos que ocorrem na atmosfera para remediar as ideias alternativas mas, que isto é mais fácil de dizer do que de fazer.

De facto, e de acordo com Boyes e Stanisstreet (1993) e Francis et al (1993), as crianças têm conhecimento de uma série de atitudes “amigas” e “inimigas” do ambiente, bem como de uma série de problemas ambientais, mas revelam incapacidade de relacionar causas específicas com consequências particulares. Por isso, concluem que a educação para os problemas ambientais deve começar o mais cedo possível, antes das ideias alternativas serem envolvidas nas estruturas conceptuais.

Por outro lado, Koulaidis e Christidou (1999) consideram que as ideias sobre as radiações electromagnéticas envolvidas nestes fenómenos são cruciais para os alunos os entenderem e que normalmente eles não as entendem.

Por tudo isto se considerou importante saber, não só se os alunos portugueses também apresentam ideias alternativas acerca do Efeito de Estufa, Aquecimento Global e da Degradação da Camada de Ozono, como também intervir directamente na sala de aula no ensino destes fenómenos ambientais. Para isso optou-se por uma metodologia de ensino para tentar promover a aprendizagem destes temas, que incluiu a referência às radiações electromagnéticas envolvidas nestes fenómenos, bem como a sua interacção com a matéria.

1.2 – Problema a estudar

1.2.1 – Tópico a estudar

A selecção do tópico “Aquecimento Global” para ser estudado, baseou-se no seguinte:

- 1 – É um tema da actualidade, muito referido nos *media*, e em relação ao qual os alunos denotam grande interesse e preocupação;
- 2 – Tem associado um grande número de ideias alternativas;
- 3 – Faz parte do programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III e é também um tópico de estudo abordado, por opção, noutras disciplinas de Química e Físico-químicas.

1.2.2 – Escolha do nível de ensino

Tendo em conta que os fenómenos ambientais a estudar são bastante complexos por se articularem entre diferentes áreas da ciência, cabe no entanto à Química uma grande parte das explicações que importa conhecer. Talvez por essa razão sejam os programas de Química dos Ensinos Básico e Secundário os que tratam estes temas com alguma relevância.

Indicam-se a seguir os programas e as unidades onde foram encontradas referências a estes temas:

- Programa da disciplina de Química do 12º ano do Ensino Secundário:

Neste programa não é feita uma abordagem específica a nenhum destes temas, podendo eventualmente ser abordados na última unidade do programa designada *“Química uma ciência em acção”*. Esta unidade, cujo conteúdo é *“A Química e as suas relações com a Tecnologia e a Sociedade”*, tem por objectivo que os alunos elaborem um pequeno ensaio escrito. Um dos temas sugeridos é *“Química e qualidade de vida”* onde se deve inserir aspectos que se refiram à *“Poluição atmosférica”*.

- Programa da disciplina de Físico-Químicas do 9º ano do Ensino Básico:

No programa de Física, encontram-se dois objectivos que se referem ao tema em estudo: *“Indicar de que forma a radiação solar é absorvida e reflectida pela atmosfera e explicar em que consiste o efeito de estufa”* e *“Explicar de forma simples em que consiste o “buraco de ozono” e referir formas de minimizar este problema”*. O primeiro objectivo está inserido no conteúdo *“Atmosfera, estratosfera”* referente à unidade opcional *“Atmosfera e Mudanças de Tempo”*. O segundo objectivo está inserido no conteúdo opcional *“O buraco do ozono”*.

- Programa da disciplina (de opção) de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III, do Ensino Secundário (TLQ III):

No programa de TLQ III (12º ano), encontra-se o objectivo *“Explicar o efeito de estufa e consequências”*, inserido no conteúdo *“Meteorologia e Qualidade do Ar”*;

efeito de estufa”, bem como a estratégia/actividade “*Relacionar a deflecção do ozono na estratosfera com a emissão de clorofluorometanos*” inserida no conteúdo “*Tipos de poluentes e fontes de poluição do ar*” (Anexo 2).

Embora este tema seja um tema da actualidade, muito referido nos *media*, ele apenas é abordado de uma forma bastante superficial ao longo da escolaridade obrigatória e no Ensino Secundário. A tal não será alheia a complexidade científica do tópico. Nos programas das disciplinas de Química ou de Física e Química este tema aparece sempre referenciado com carácter opcional. Só na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III, o tema surge no âmbito do programa, embora seja uma disciplina de opção. Fazer um estudo das ideias de alunos sobre este tema, antes de completarem o Ensino Secundário, teria de ter em conta uma série de variáveis difíceis, ou mesmo impossíveis de controlar, devido aos diferentes percursos que os alunos poderiam ter tido.

Assim fez sentido procurar conhecer as ideias de alunos à saída do Ensino Secundário, considerando alunos que tivessem frequentado a disciplina de TLQ III (ESTLQ) e alunos sem frequência dessa disciplina (ES).

Atendendo à importância do tema na actualidade é esperado que seja abordado a nível universitário, nomeadamente na preparação dos futuros professores de Física e Química, por isso também se justificava procurar conhecer as ideias dos alunos deste nível de ensino (LQ).

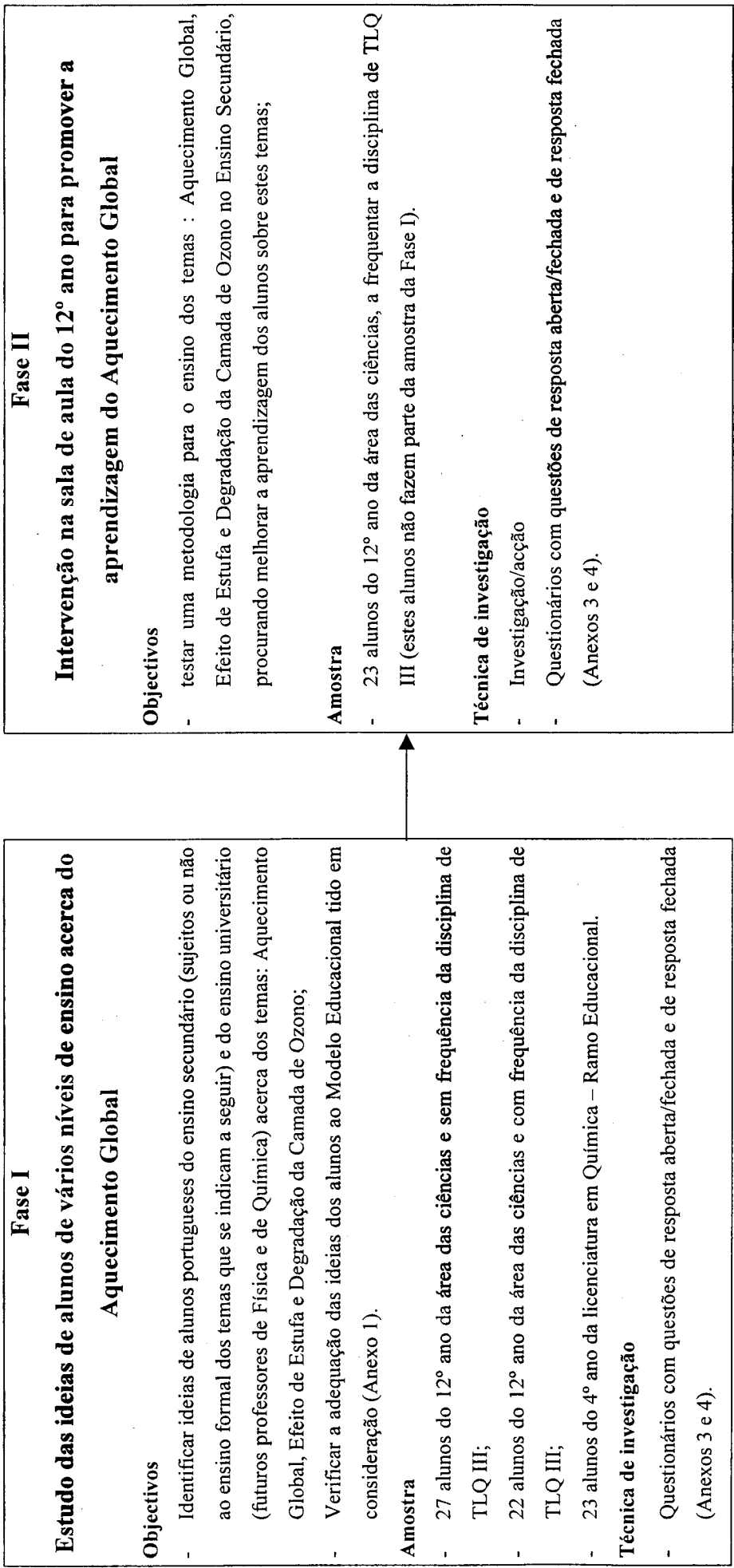
1.2.3 – Finalidades do estudo

Pretendeu-se identificar se existem diferenças entre as ideias de alunos que tiveram formação específica acerca dos temas Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Degradação da Camada de Ozono no Ensino Secundário e as de alunos que não tiveram essa formação específica. Atendendo a que a formação dos professores de Química acerca destes temas é fundamental para promover estas aprendizagens pretendeu-se ainda identificar as ideias de futuros professores de Química, no último ano da sua formação académica.

Pretendeu-se também intervir na sala de aula desenvolvendo uma metodologia que promovesse a aprendizagem destes temas.

1.2.4 – Desenho do Estudo

Atendendo à natureza das finalidades deste estudo foi necessário dividi-lo em duas Fases, que se designaram por Fase I e Fase II, às quais corresponderam diferentes objectivos, amostras e técnicas de investigação, conforme se apresenta no quadro 1.1.



Quadro 1.1.- Desenho do Estudo

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Literatura relacionada com o tópico a estudar

Sobre os temas Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Degradação da Camada de Ozono, têm sido publicados, principalmente na última década, estudos educacionais destinados a identificar as concepções dos alunos. A tal não será alheio o facto destes fenómenos ambientais terem começado a tomar relevo, predominantemente, na segunda metade do século XX.

Os estudos revistos, que a seguir se apresentam, foram considerados pertinentes para o desenvolvimento deste trabalho, pois serviram de suporte à identificação das ideias dos alunos portugueses sobre estes temas e deram impulso na concepção de estratégias de intervenção no ensino dos mesmos.

Andersson e Wallin, 2000, analisaram as concepções de alunos suecos e as suas ideias acerca da forma como eles explicavam o efeito de estufa, o modo como a sociedade seria afectada se diminuísse a emissão de dióxido de carbono, e, em que medida, é que a diminuição da camada de ozono constituiria um problema.

Foram envolvidos neste estudo cerca de mil e trezentos alunos de idades compreendidas entre os 11 e os 19 anos de escolas escolhidas de maneira a representarem uma vasta área geográfica, incluindo grandes cidades, cidades de tamanho médio e pequenas comunidades.

Foram apresentadas aos alunos tarefas escritas do tipo aberto/fechado.

As conclusões referiam que:

- pelo menos metade dos alunos compreendia o efeito de estufa como o agravamento do efeito de estufa, o que poderia reflectir o efeito dos *media* na linguagem utilizada;
- os alunos pareciam confundir a degradação da camada de ozono com o efeito de estufa. Estes alunos consideravam a existência de uma barreira de ozono que não permitia a passagem da maior parte da radiação ultravioleta, mas se a barreira diminuísse de

espessura mais radiação poderia passar através dela, o que levaria ao aquecimento da Terra;

- os alunos recomendavam a redução drástica da emissão de dióxido de carbono e apresentavam muito poucas consequências desta medida;
- os alunos apresentavam dificuldades, nas suas explicações, em seleccionar os conhecimentos relevantes necessários.

Neste estudo foi sugerida a necessidade dos alunos aumentarem os seus conhecimentos sobre os processos que ocorrem na atmosfera, propondo discussões em pequenos grupos que seria alargada posteriormente a toda a turma, acerca do efeito de estufa e da redução da emissão de dióxido de carbono, estimulando desta forma o desenvolvimento do conhecimento individual dos alunos e ajudando-os a perceber melhor o mundo que os rodeia.

Boyes e Stanisstreet, 1993, estudaram as concepções de alunos acerca das causas, consequências e possíveis formas de remediar o Aquecimento Global, realizando algumas entrevistas semiestruturadas e um questionário fechado a 861 alunos de 38 turmas de 10 Escolas Secundárias do Reino Unido, com idades compreendidas entre 11 e 16 anos.

Os resultados mostraram que a maioria dos alunos de todas as idades consideravam que a terra vai continuar a aquecer, que o clima vai mudar e que as calotes polares vão derreter com o aquecimento global. Ao longo da escolaridade os alunos iam progressivamente aumentando os conhecimentos sobre o mecanismo do efeito de estufa e diminuindo algumas ideias alternativas como, por exemplo, a ideia de que a dimensão do arsenal nuclear global estava ligada ao aquecimento global. Outras ideias alternativas pareciam permanecer ao longo de toda a escolaridade: a degradação da camada de ozono contribuía para o aquecimento global, o aquecimento global provocava um aumento do cancro da pele, o uso de gasolinas sem chumbo reduzia o Aquecimento Global.

Era ainda referido que os alunos tinham conhecimento de uma série de atitudes "amigas" e "inimigas" do ambiente, mas não eram capazes de relacionar causas específicas com consequências particulares. Além disso, pareciam pensar que de uma maneira geral, todas as atitudes "amigas" do ambiente ajudavam a resolver todos os problemas.

Neste estudo é sugerida a necessidade dos alunos compreenderem os graves problemas ambientais porque a sua solução irá requerer ainda mais e maiores mudanças na sociedade, devendo a educação para os problemas ambientais começar o mais cedo possível.

Boyes e Stanisstreet, 1997, quantificaram os modelos dominantes sustentados por 501 crianças de 13-14 anos, de oito escolas secundárias no Reino Unido, escolhidas ao acaso, sobre as causas do Efeito de Estufa e a Degradação da Camada de Ozono, e a forma como relacionavam os dois fenómenos, utilizando um questionário fechado.

As conclusões referiam que:

- cerca de 80% das crianças pensavam que os “Buracos” na Camada de Ozono provocavam o Efeito de Estufa;
- cerca de 60% das crianças faziam a ligação entre os “Buracos” de Ozono e a possibilidade de chegar mais energia solar até à Terra, sem fazerem qualquer distinção entre raios solares e raios ultravioleta;
- 20% das crianças consideravam o Aquecimento Global como uma consequência da Degradação da Camada de Ozono;
- 20% das crianças consideravam que o Efeito de Estufa derivava do facto do calor não poder escapar da Terra porque, por qualquer razão, não encontrava os “Buracos” na Camada de Ozono;
- 10% das crianças consideravam que o ar frio saía pelos “Buracos” de Ozono e por isso o ambiente aquecia;
- 33% das crianças consideravam que o calor fazia com que o fumo subisse mais alto provocando danos na Camada de Ozono;
- 20% das crianças pensavam que o Efeito de Estufa provocava tais alterações no clima a nível mundial que o Sol acabava por queimar e fazer “Buracos” na Camada de Ozono;
- 50% das crianças consideravam que o dióxido de carbono provocava o Efeito de Estufa;
- 50% das crianças consideravam que o dióxido de carbono também provocava a Degradação da Camada de Ozono.

Boyes, Stanisstreet e Papantoniou, 1999, investigaram as concepções de 1161 alunos gregos de 5 escolas diferentes, com idades entre os 11 e os 16 anos, sobre a camada de ozono: o que é, onde se localiza, qual a sua função, o que a pode danificar e qual o resultado da sua danificação.

Usaram um questionário de forma fechada que já havia sido usado num estudo envolvendo mais de 1700 estudantes do Reino Unido.

Os resultados mostraram que, aparentemente, os alunos (mais de 80 %) tinham um bom entendimento da localização e da função da camada de ozono enquanto protectora dos raios ultravioleta perigosos, embora alguns alunos (cerca de 35 %) também pensassem que

ajudava a manter a Terra quente ou que ajudava a protegê-la da chuva ácida. Os alunos pareciam saber que a camada de Ozono está em perigo e acreditavam que variadas formas de poluição eram a sua causa: 70 % referiram os gases das latas de aerossol e os gases usados na manufactura de certos plásticos, 31% referiram os gases dos frigoríficos (apenas 44% sabiam que estes gases se chamavam clorofluorocarbonetos), mais de 80 % acreditavam que o fumo das fábricas e dos carros causava danos à camada de ozono e mais de 70 % pensavam que a radioactividade era uma causa. Os alunos consideravam que a continuação da degradação da camada de ozono poderia causar um aumento de cancro de pele (mais de 90 % nos grupos mais velhos) e de cataratas (cerca de 70 %), apesar dos alunos estabelecerem fortes ligações com o efeito de estufa e outras formas locais de poluição.

Fisher, 1998a, estudou a mudança de pensamento do quotidiano para o pensamento científico ao longo do Ensino Secundário, relativamente àquilo que alunos no Reino Unido pensavam que era o "Efeito de Estufa" e o "Buraco de Ozono".

Realizou um questionário com questões abertas, baseado no questionário utilizado no estudo de Boyes e Stanisstreet (1993), permitindo aos alunos fornecer explicações. Este questionário foi aplicado a 26 alunos com idades compreendidas entre 10-11 anos, a 958 alunos com 13-14 anos, a 955 alunos com 15-16 anos e a 33 alunos com mais de 17 anos.

Os resultados indicavam que havia um conhecimento de base geral sobre este assunto, o que era revelado pelas pequenas percentagens de "não sei" ou seja, os que não eram capazes de dar nenhuma explicação (3% para o Efeito de Estufa e 4% para o "Buraco" de Ozono), o que provavelmente reflectia uma prevalência de conhecimento proveniente dos *media* e, em menor extensão, da escola. O pensamento do quotidiano parecia ser bastante forte junto dos mais jovens, atingindo um máximo próximo do final da idade escolar (15-16 anos), mas mostrava um declínio significativo nos alunos com mais de 17 anos. Os alunos apresentavam uma maior compreensão sobre o problema do "Buraco" de Ozono do que sobre o problema do Efeito de Estufa. No entanto, os alunos associavam o aquecimento, devido ao Efeito de Estufa, com a Degradação da Camada de Ozono (53% nos alunos com 13-14 anos, 55% nos alunos de 15-16 anos, 29% para os alunos com mais de 17 anos). Os resultados indicavam ainda que a mudança de pensamento do quotidiano para o pensamento científico aumentava com a escolaridade e que um entendimento acerca das ideias dos alunos e da sua origem, poderia ajudar os professores a encontrarem as melhores formas de ensinar.

Fisher, 1998b, no seguimento do estudo anterior, realizou um estudo com estudantes australianos acerca do efeito de estufa e do “buraco” de ozono, estudando também a mudança de pensamento do quotidiano para o pensamento científico.

Realizou um questionário com questões abertas, baseado no questionário utilizado no estudo de Boyes e Stanisstreet (1993). Este questionário foi aplicado a 149 alunos com idades entre 11-17 anos.

Concluiu que:

- os alunos tinham um maior conhecimento científico sobre o problema do “buraco” de Ozono do que sobre o efeito de estufa;
- era comum encontrar uma fusão das ideias sobre os dois fenómenos resultando na concepção de que a degradação da camada de ozono contribuía para o aquecimento global.

Era sugerido que os professores reconhecessem que uma comparação explícita dos dois fenómenos podia promover uma melhor compreensão dos mesmos. Eram sugeridos três métodos de ensino por forma a ajudar a resolver este problema. O objectivo destes métodos era promover o pensamento científico confrontando os estudantes com:

- 1º) as limitações do pensamento do quotidiano na explicação destes fenómenos;
- 2º) explicações científicas dos dois fenómenos, lado a lado;
- 3º) raciocínios baseados em algumas analogias experimentais.

Os métodos propostos eram, resumidamente:

- 1) Partir de um poema que encerrasse estas duas ideias baralhadas e lançar a discussão;
- 2) Usar vídeo-cassetes que abordassem estes dois fenómenos lado a lado, adequados a cada idade;
- 3) Realizar analogias experimentais.

Francis, Boyes, Qualter e Stanisstreet, 1993, estudaram as ideias de 563 alunos de idades compreendidas entre 8 e 11 anos, de 30 turmas de 5 escolas no Reino Unido, sobre a forma de reduzir o “Efeito de Estufa” com o objectivo de encontrar as possíveis origens das ideias alternativas sustentadas por estudantes mais velhos.

Realizaram um questionário fechado com todos os alunos e entrevistas semiestruturadas a 15 alunos escolhidos aleatoriamente. O questionário foi baseado no questionário utilizado no estudo de Boyes e Stanisstreet (1993).

Concluíram que a maioria dos alunos, dos 8 aos 11 anos, considerava que a produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis, a poupança de electricidade, o uso de

papel reciclado, plantar árvores e a redução no uso de automóveis ajudava a reduzir o Aquecimento Global. Concluíram que menos de metade dos alunos compreendia a contribuição que a energia nuclear poderia dar para a redução do Aquecimento Global. Referia ainda este estudo, duas ideias alternativas partilhadas por um grande número de alunos: a redução do arsenal nuclear global ou o uso de gasolina sem chumbo reduzirem o Efeito de Estufa. Estas ideias alternativas poderiam, segundo os autores, ter origem na concepção de que a degradação da camada de ozono contribui para o aquecimento global. Os alunos poderiam ser capazes de distinguir genericamente o aquecimento global da degradação da camada de Ozono mas não serem capazes de separar mentalmente os mecanismos envolvidos. Tal poderia ficar a dever-se à aparentemente lógica estrutura conceptual: a ideia de que a degradação da camada de ozono permite que a radiação solar penetre e por isso aqueça a Terra.

Os autores sugeriam que havia vantagem em iniciar a educação ambiental a que se refere este estudo, o mais cedo possível.

Koulaidis e Christidou, 1999, estudaram as concepções de 40 alunos, de 11-12 anos, de 3 escolas urbanas gregas acerca do Efeito de Estufa.

Realizaram entrevistas individuais semi-estruturadas. As questões colocadas aos alunos foram delineadas de maneira a que a discussão focasse mecanismos, processos e interações.

Concluíram que:

- 27,5% dos alunos consideravam que o dióxido de carbono e o metano são libertados para a atmosfera devido à actividade humana e devido a fontes naturais. Estes gases, segundo os alunos, formavam uma camada à volta da terra que actuava do mesmo modo que os vidros ou plásticos que cobrem as estufas, isto é, os raios solares atingiam a Terra e aqueciam-na mas evitavam que o calor voltasse ao espaço. Como resultado a Terra aquecia e o fenómeno era conhecido por Efeito de Estufa;
- 15,0% dos alunos consideravam que o dióxido de carbono e o metano eram poluentes atmosféricos que formavam uma camada na atmosfera, aproximadamente à mesma altitude que a camada de ozono. A radiação ultravioleta penetrava na atmosfera através dos buracos de ozono e era aprisionada como calor pela camada de dióxido de carbono e metano. Isto provocava uma subida de temperatura na Terra e o aquecimento do planeta;
- 12,5% dos alunos consideravam que o Efeito de Estufa era causado pelo dióxido de carbono e o metano. Estes gases, componentes da atmosfera, encontravam-se

uniformemente espalhados e absorviam o calor do Sol, impedindo-o de escapar para o espaço, aumentando assim a temperatura;

- 12,5% dos alunos consideravam que por causa da Degradação da Camada de Ozono, a radiação ultravioleta penetrava na atmosfera pelos “Buracos” de Ozono e chegava à Terra. A radiação ultravioleta era reflectida pela superfície da Terra e retida pela Camada de Ozono que funcionava como um vidro à volta da Terra, mantendo a radiação ultravioleta perto do solo e aquecendo assim a Terra;
- 7,5% dos alunos consideravam que a radiação solar que não era filtrada pelo Ozono chegava à Terra e era por ela reflectida. Essa radiação reflectida ao atingir a camada de ozono era novamente reflectida regressando à Terra. Através deste mecanismo a Camada de Ozono além de bloquear a entrada de radiação ultravioleta perigosa aprisionava os raios solares aquecendo a Terra e mudando o clima;
- 37,5% dos alunos consideravam o Efeito de Estufa como uma dimensão da poluição atmosférica. Vários gases (principalmente o dióxido de carbono, o metano e os CFCs) eram emitidos para a atmosfera pelas actividades humanas, poluindo-a. O oxigénio ia sendo destruído ou poluído pelo fumo. Os animais e seres humanos respiravam o oxigénio poluído e ficavam também poluídos. O ambiente deteriorava-se e as plantas e os animais eram infectados pela poluição. A poluição destruía a atmosfera e tornava por isso o clima mais quente, consequentemente o ar cheirava mal, o tempo mudava imprevisivelmente, apareciam estranhos fenómenos climatéricos, tais como enormes tempestades ou inundações, podendo mesmo a poluição matar todos os seres vivos e até destruir a Terra.

Era sugerido que os professores, para melhorar a compreensão dos alunos do Efeito de Estufa tomassem em consideração:

- a) a difusão dos gases atmosféricos;
- b) a radiação solar;
- c) a distinção entre radiação solar e terrestre;
- d) a distinção entre o papel da Camada de Ozono e o dos Gases de Estufa na atmosfera.

Potts, Stanisstreet e Boyes, 1996, estudaram as concepções de 136 alunos de três escolas do nordeste da Inglaterra, com idades entre os 12-13 anos, acerca da natureza, funções e vulnerabilidade da camada de Ozono.

Usaram um questionário do tipo aberto/fechado.

Concluíram que os alunos pareciam seguros de que a camada de Ozono era gasosa, mas inseguros de que era composta por ozono. Estavam genericamente informados sobre a localização da camada de ozono, mas tinham mais dificuldade em responder às questões sobre a espessura da camada e sobre o tamanho dos “buracos” da camada de ozono. Muitos alunos tinham concepções próprias acerca do número de “buracos” existentes na camada de Ozono e eram mesmo capazes de imaginar a camada de Ozono picotada por uma série de buracos. A ideia de que os CFCs danificavam a camada de Ozono parecia bem estabelecida e alguns alunos conheciam as suas fontes. Outros alunos consideravam que os fumos, os vapores e o dióxido de carbono provenientes de carros, fábricas e estações de energia degradavam a camada de ozono. A propósito dos efeitos biofísicos, muitos alunos avançaram a ideia do cancro de pele, no entanto, muitos deles consideravam-no causado pelas temperaturas elevadas e não pela acção da radiação ultravioleta sobre os tecidos biológicos.

Rye, Rubba e Wiesenmayer, 1997, estudaram as ideias de 24 alunos americanos, do 6º ao 8º ano, sobre o Aquecimento Global, realizando entrevistas duas semanas após os alunos terem estudado esta unidade.

As questões foram colocadas sequencialmente sobre: o que era o Aquecimento Global; a natureza e a causa do Aquecimento Global; porque é que o Aquecimento Global era um conteúdo CTS; que atitudes podiam os cidadãos tomar para resolver o Aquecimento Global; e que ligações havia entre Aquecimento Global e Ozono.

Os resultados indicaram que os alunos apresentavam cinco ideias que relacionavam a Degradação da Camada de Ozono e o Aquecimento Global:

- * A Degradação da Camada de Ozono era a causa principal do Aquecimento Global (54%);
- * Os sprays de aerossol continham CFCs e destruíam a Camada de Ozono (54%);
- * Os CFCs causavam o Aquecimento Global especialmente por destruírem a Camada de Ozono (25%);
- * O dióxido de carbono destruíam a Camada de Ozono (50%);
- * O dióxido de carbono provocava o Aquecimento Global porque destruíam a Camada de Ozono (33%).

Era sugerido que o ensino do Aquecimento Global deveria ajudar os alunos a clarificar que a Degradação da Camada de Ozono e o Aquecimento Global são problemas ambientais diferentes e que o “buraco” de Ozono não agrava o Efeito de Estufa. Esta clarificação devia prestar particular atenção:

* a diferenças entre a radiação solar que chega à Terra e a radiação que é emitida pela Terra;

* à absorção pelos gases de estufa da radiação emitida pela Terra como o mecanismo em que se baseia o Efeito de Estufa;

* ao agravamento do Efeito de Estufa devido ao aumento na atmosfera dos gases de estufa como a causa do Aquecimento Global;

* ao facto dos CFCs terem dois efeitos indesejáveis na nossa atmosfera (i. e., actuarem como gases promotores do Efeito de Estufa e provocarem a destruição do Ozono estratosférico), mas cada um destes efeitos causar "diferentes" problemas ambientais (o agravamento do Efeito de Estufa e a Degradação da Camada de Ozono, respectivamente);

* ao facto das latas de sprays caseiras não conterem CFCs.

2.2 – Conclusão

Desta revisão parece ressaltar que os alunos tendem a confundir o fenómeno do Aquecimento Global com o do Efeito de Estufa e com o da Degradação da Camada de Ozono.

Essa confusão pode ter várias origens:

- as informações fornecidas pelos *media* nem sempre serem as mais correctas;
- os alunos conhecerem uma série de atitudes que podem tomar para tentar resolver problemas ambientais, o que poderá ajudar a confundir os fenómenos, uma vez que, normalmente não se faz um paralelismo entre cada uma dessas atitudes e o respectivo problema ambiental que elas vão ajudar a resolver;
- os alunos não dominarem os conhecimentos relacionados com a natureza das radiações electromagnéticas envolvidas nestes fenómenos.

CAPÍTULO 3

FASE I - METODOLOGIA

3.1 – Objectivos

Definiram-se como objectivos desta fase os seguintes:

- identificar ideias de alunos portugueses do ensino secundário (sujeitos ou não ao ensino formal dos temas que se indicam a seguir) e universitário (futuros professores de Física e de Química) acerca dos temas: Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Degradação da Camada de Ozono;
- verificar a adequação das ideias destes alunos ao Modelo Educacional (Anexo 1) tido em consideração.

3.2 – Amostra

A amostra foi constituída por:

Nível de ensino	N	Idade
12º ano sem TLQ III (ES)	27	17-19
12º ano com TLQ III (ESTLQ)	22	17-19
4º ano da Licenciatura em Química – Ramo Educacional (LQ)	23	21-28

Quadro 3.1 – Amostra

Atendendo a que se pretendia identificar ideias de alunos portugueses do ensino secundário e universitário acerca do Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Degradação da Camada de Ozono e como nos programas do Ensino Secundário não é considerada obrigatória a abordagem destes temas, excepto na disciplina (de opção) de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III (TLQ III), seleccionaram-se alunos do 12º ano do Ensino Secundário, com frequência e aprovação na disciplina TLQ III e sem essa frequência, bem como alunos do 4º

ano da licenciatura em Química – Ramo Educacional (a frequentar estágio no ano seguinte e eventualmente a ter de leccionar a disciplina de TLQ III nesse ano ou em anos subsequentes).

3.3 – Selecção e descrição da metodologia usada

As técnicas mais utilizadas para averiguar as ideias dos alunos são as entrevistas e os questionários:

Entrevista – Foi Piaget (1926, 1929) quem primeiro usou a entrevista clínica para obter informações na pesquisa sobre aprendizagem, usando-a para descrever os procedimentos mentais. Posteriormente as entrevistas clínicas foram utilizadas para investigar as ideias dos indivíduos acerca de qualquer conteúdo. Pines et al (1978) fazem uma descrição detalhada sobre esta técnica na qual se presume que as respostas dos entrevistados reflectem as suas ideias naquele momento e naquela situação. O aluno é encorajado a falar abertamente dando respostas a questões colocadas oralmente (podendo envolver tarefas experimentais) enquanto o entrevistador vai confirmando o raciocínio do aluno.

A entrevista pode ser conduzida de várias maneiras diferentes, podendo ser classificada da seguinte forma:

- entrevista não estruturada – o entrevistador segue a resposta do entrevistado de modo que o estímulo que serviu de início à entrevista se torna quase irrelevante. A entrevista não tem estrutura ou conteúdo definido à priori.
- entrevista semiestruturada – o entrevistador segue as respostas do entrevistado de forma a clarificar as ideias que este apresenta no que diz respeito a um determinado conteúdo definido à partida.
- entrevista estruturada – as questões são preparadas à partida, colocadas pela mesma ordem e formuladas do mesmo modo para todos os entrevistados.

A técnica da entrevista tem várias vantagens: o aluno tem todas as oportunidades para expor o seu raciocínio; é adaptável ao aluno, por exemplo, no tipo de perguntas a colocar e no tempo de espera para ele responder; o aluno pode usar representações diagramáticas; pode obter-se informação profunda sobre o significado das palavras para o aluno; o aluno não pode

ignorar uma questão; e se a entrevista for gravada, o entrevistador não tem de tomar notas havendo mais rigor quanto ao que o aluno diz.

Como desvantagens da técnica da entrevista apontam-se as seguintes: é dependente da capacidade do entrevistador para orientar a entrevista e de ser capaz de inferir a ideia que está por trás daquilo que o aluno diz; é um método moroso, difícil de usar pelos professores no quotidiano da sua prática pedagógica; as amostras têm que ser pequenas devido à morosidade da técnica; a análise dos dados é subjectiva e demorada; a ordem de colocação das questões pode influenciar os resultados.

Questionários – Nesta técnica são colocadas questões, e conforme o tipo de respostas que permitem, os questionários são caracterizados em vários tipos:

Questionários Fechados – Nestes questionários os inquiridos não podem apresentar justificações para as suas respostas nem compor as suas próprias explicações. Há várias tipologias para este tipo de questionários: i) questionários onde os inquiridos devem classificar as afirmações que são apresentadas como verdadeiras ou falsas (questionário tipo verdadeiro/falso); ii) questionários onde os inquiridos devem escolher qual a afirmação que consideram correcta (questionário de escolha múltipla); iii) outro tipo de questionários “que podem comportar outras coisas que não sejam questões em sentido restrito” podendo pedir-se aos inquiridos que “ordenem objectos (objecto é aqui utilizado em sentido lato, podendo ser pessoas, opiniões, situações, etc.), atribuam notas, constituam categorias, estabeleçam correspondências, etc.” (Ghiglione et al, 1997).

Vantagens dos questionários fechados: este tipo de questionário permite obter uma grande variedade de comportamentos de um mesmo indivíduo, pode ser tratado quantitativamente e pode ser utilizado pelo professor na sala de aula.

Desvantagens dos questionários fechados: a interpretação das questões pelo aluno é dependente do uso da linguagem devido à possibilidade de leitura múltipla de uma mensagem (Ghiglione et al, 1997).

Questionários Abertos – permitem aos alunos dar explicações livremente, acerca das questões colocadas.

Vantagens dos questionários abertos: podem ser administrados pelos professores na sala de aula como um exercício de papel e lápis, sem limitação de espaço para os alunos responderem.

Desvantagens dos questionários abertos: a interpretação das questões pelo aluno é dependente do uso da linguagem devido à possibilidade de leitura múltipla de uma mensagem (Ghiglione et al, 1997), dificuldade na interpretação das descrições dos alunos por eles terem dificuldade em exprimirem as suas ideias; respostas longas acarretam mais dificuldades no tratamento de dados.

Questionários Abertos/fechados – permitem aos alunos dar explicações acerca das questões colocadas, mas limitados por um espaço reduzido para escreverem as suas respostas.

Vantagens dos questionários abertos/fechados: são fáceis de administrar, podem ser usados pelos professores na sala de aula e não necessitam de métodos complicados de tratamento de dados.

Desvantagens dos questionários abertos/fechados: a interpretação das questões pelo aluno é dependente do uso da linguagem devido à possibilidade de leitura múltipla de uma mensagem (Ghiglione et al, 1997); dificuldade na interpretação das descrições dos alunos por eles terem dificuldade em exprimirem as suas ideias.

Atendendo a que a técnica da entrevista é inadequada a ser usada por professores devido a ser uma técnica de investigação morosa, optou-se pela utilização de questionários.

Foram utilizados dois questionários de tipo diferente, um aberto/fechado e outro fechado, baseados em questionários utilizados noutros estudos (Boyes et al, 1993 e 1997).

O primeiro questionário a que os alunos responderam era do tipo aberto/fechado, constituído por 8 questões. Este questionário encontra-se no Anexo 3. Era solicitado aos alunos que escrevessem, em algumas linhas o que entendiam sobre as questões colocadas. As questões colocadas coincidiam com as utilizadas por Fisher (1998a) no estudo realizado com alunos ingleses e Fisher (1998b) no estudo realizado com alunos australianos, o que permitiu fazer comparações de resultados. A escolha deste questionário deveu-se a já ter sido utilizado noutros estudos sobre este assunto e às vantagens que este instrumento apresenta, como mencionado anteriormente. Atendendo ao facto deste questionário já ter sido aplicado em mais de um estudo com alunos do mesmo nível etário, não foi realizado um estudo piloto que estabelecesse a adequabilidade do questionário ao estudo, por já estar naturalmente estabelecida.

O segundo questionário era do tipo fechado (Verdadeiro/Falso), constituído por um conjunto de 18 afirmações que os alunos tinham de classificar como verdadeiras ou falsas. O questionário encontra-se no Anexo 4. As 18 afirmações que constituem o questionário, foram inspiradas em algumas das afirmações mais populares (quer as verdadeiras quer as falsas) entre os alunos, e faziam parte dos questionários fechados utilizados nos estudos conduzidos por Boyes e Stanisstreet (1993 e 1997) no Reino Unido. Neste estudo foram introduzidas nas afirmações referências às radiações electromagnéticas envolvidas nos fenómenos considerados. Esta inclusão teve em conta as conclusões de Koulaidis e Christidou (1999) que sugerem que o conhecimento acerca das radiações electromagnéticas e da sua interacção com a matéria será facilitador da compreensão dos fenómenos em estudo. Com o segundo questionário pretendia-se ampliar o conhecimento acerca das ideias dos alunos reveladas no primeiro questionário. Pelas razões apontadas no primeiro questionário, também neste caso não foi realizado um estudo piloto para estabelecer a adequabilidade do questionário por se considerar que já estava estabelecida.

Foi pedido aos alunos que respondessem em primeiro lugar ao questionário aberto/fechado. Quando acabavam de responder a esse questionário era-lhes apresentado o questionário fechado. A razão deste procedimento visou evitar que as afirmações que apareciam no segundo questionário pudessem de algum modo influenciar as respostas ao primeiro. Neste segundo questionário foi pedido aos alunos que sempre que não soubessem uma resposta a deixassem em branco para assim diminuir o número de respostas dadas à sorte.

Os alunos tiveram cerca de uma hora, na totalidade, para responderem a estes questionários. Foi garantido aos alunos o anonimato para encorajar respostas mais honestas.

3.4 – Selecção e descrição da metodologia para análise dos dados

O método escolhido nesta fase do trabalho, para a análise dos resultados do questionário aberto/fechado, baseou-se na obtenção de “inventários conceptuais” (Erickson, 1979), procurando-se que o método escolhido pudesse vir a ser utilizado pelos professores na sua prática pedagógica, mas que permitisse também reconhecer a natureza semântica das relações entre conceitos presentes nas explicações dos alunos. Para cada aluno foi feita uma análise das explicações apresentadas em cada uma das questões colocadas, tendo em vista a identificação de expressões que pudessem ser consideradas como uma evidência das ideias do aluno. As expressões que se consideraram reflectirem as mesmas ideias foram agrupadas

passando a constituir uma Categoria de Resposta. Algumas explicações pertenciam simultaneamente a duas ou mais Categorias. Explicações para as quais não foi possível identificar ideias comuns a outras explicações foram agrupadas numa Categoria a que se deu o nome de “Outras respostas”. As explicações agrupadas nas Categorias de Resposta foram constantemente comparadas entre si dentro de cada Categoria e com as explicações que constituíam as outras Categorias, para cada questão. Quando a análise das explicações deixou de fornecer informações pertinentes em relação a estes aspectos considerou-se que a categoria estava “saturada” (Spector, 1984) e deu-se por terminada a análise.

Relativamente ao segundo questionário utilizado, questionário fechado, procedeu-se a uma análise percentual das respostas dadas como forma de dar relevo aos resultados obtidos. Não se efectuou um tratamento estatístico das mesmas pelo facto de se ter utilizado amostras de um número reduzido, o que à partida limita a generalização dos resultados obtidos.

Na análise dos resultados as ideias dos alunos são confrontadas com o Modelo Educacional (Anexo 1).

O Modelo Educacional é normalmente construído pelo professor que lecciona a disciplina, com base nos programas oficiais e nos manuais escolares, e em consenso com os colegas que leccionam a mesma disciplina na escola. No caso concreto, como a professora/investigadora era a única professora da escola a leccionar a disciplina, o Modelo Educacional não foi discutido com os colegas mas foi validado por dois professores: um leccionou a disciplina durante uma ano na mesma escola, o outro leccionou esta temática durante dois anos noutra escola.

CAPÍTULO 4

FASE I – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com este estudo pretendeu-se conhecer as ideias que os alunos, da área Científica e Natural e de Química em particular, detêm sobre o Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Camada de Ozono. Os alunos alvo do estudo foram os finalistas do Ensino Secundário (com aprovação na disciplina de TLQ III e sem a frequência da disciplina de TLQ III) e futuros professores de Química a finalizar a sua formação universitária.

Nesta fase os alunos responderam a dois questionários: um questionário aberto/fechado e um questionário fechado.

4.1 – Questionário aberto/fechado

Os resultados obtidos vão ser apresentados por questão.

4.1.1 – O que é o efeito de estufa?

Nesta questão, e de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam os seguintes aspectos:

- O efeito de estufa é um fenómeno natural. Devido ao efeito de estufa a temperatura da Terra é amena permitindo a existência de vida.
- A maior parte da radiação solar é absorvida pela superfície da Terra, outra parte é reflectida pela superfície da Terra e pela atmosfera.
- Radiação infravermelha é emitida pela superfície da Terra.
- Parte da radiação infravermelha emitida é absorvida por gases naturalmente presentes na atmosfera (como vapor de água, dióxido de carbono e ozono) e reemitida; o efeito disto é o aquecimento da superfície da Terra e da troposfera.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.1.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	O efeito de estufa (EE) corresponde ao aumento de temperatura do planeta	8	12	12
C2	O EE corresponde ao “aquecimento global” do planeta	8	5	4
C3	O EE corresponde ao sobreaquecimento da Terra	6	1	6
C4	O EE é responsável por manter o globo terrestre ameno, fenómeno natural	-	2	1
C5	O EE é causado pela destruição da camada de ozono	2	2	-
C6	O EE é a causa das chuvas ácidas	2	-	-
C7	O EE corresponde a alterações climáticas	1	1	-
C8	O EE é causado pela poluição atmosférica	2	-	-
C9	O EE é causado pelo aumento de gases na atmosfera.	5	2	6
C10	O EE é causado pelo CO ₂	2	2	3
C11	O EE é causado por gases como SO ₂ , NO ₂ , CO, NO	-	2	1
C12	O EE é causado por radiação	-	2	1
C13	O EE é causado por radiações que atingem a Terra	-	1	1
C14	O EE é causado por radiações ultravioletas que atingem a Terra	-	-	1
C15	O EE é causado pela retenção dos raios solares pela atmosfera	-	2	-
C16	O EE é causado pela retenção na atmosfera da radiação reflectida pela Terra	-	-	1
C17	O EE é causado pela retenção pelos gases de estufa de radiação infravermelha	-	1	-
C18	O EE é causado por radiações reflectidas pela Terra que são impedidas de sair da atmosfera pelos gases de estufa sendo reenviadas para a Terra	-	1	-
C19	Não respondem	-	2	1
C20	Outras respostas	1	-	2
C21	Declaram não saber responder	2	-	-
TOTAL		39*	37*	40*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.1 – O que é o efeito de estufa

Os resultados indicam que cerca de um terço dos alunos ES relaciona o efeito de estufa com um aumento de temperatura (C1, quadro 4.1). O mesmo acontece para cerca de metade dos alunos ESTLQ e LQ. Não podemos daqui concluir que estes alunos têm uma ideia adequada do efeito de estufa.

Exemplos:

ES:

Aluno 2: “Penso que o efeito de estufa é o aquecimento do planeta.”

ESTLQ:

Aluno 4: “É o aumento da temperatura da terra.”

LQ:

Aluno 20: “É o aquecimento da terra.”

Cerca de metade dos alunos ES consideram que o efeito de estufa corresponde a um sobreaquecimento da Terra ou ao aquecimento global (C2 e C3, quadro 4.1). Para estes alunos o efeito de estufa corresponde a um sobreaquecimento do planeta e não a algo que existe naturalmente e que torna possível a vida na Terra. Também cerca de 1/3 dos alunos ESTLQ e cerca de metade dos alunos LQ apresentam o mesmo tipo de ideias. Estes resultados coincidem com os apresentados por Andersson e Wallin (2000), Boyes e Stanisstreet (1997) e Rye et al (1997).

Exemplos:

ES:

Aluno 11: “Penso que o efeito de estufa é o aquecimento global da terra.”

Aluno 12: “O efeito de estufa é o aumento de temperatura anormal na terra.”

ESTLQ:

Aluno 16: “O efeito de estufa é um efeito que causa, basicamente, o aquecimento global do planeta”.

Aluno 18: “O efeito de estufa é o aquecimento global da temperatura no nosso planeta, devido à energia solar que fica retida na nossa atmosfera.”

LQ:

Aluno 3: “O efeito estufa consiste no sobreaquecimento do nosso planeta.”

Aluno 5: “É um efeito de aumento de temperatura, global.”

Só três alunos (dois alunos ESTLQ e um aluno LQ) referem a importância do efeito de estufa para a vida na Terra, não considerando o efeito de estufa como um “mal” em si, mas um fenómeno natural responsável por manter o globo terrestre ameno (C4, quadro 4.1).

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 22: “É um fenómeno natural, provocado pela retenção dos raios infravermelhos por gases de estufa, impedindo o desarrefecimento acentuado da temperatura da terra, durante a noite.”

LQ:

Aluno 4: “O efeito de estufa é o responsável por manter o globo terrestre ameno.”

Alguns alunos consideram que o efeito de estufa é devido à destruição da camada de ozono, o que permite a entrada de raios ultravioleta responsáveis pelo aquecimento da Terra (C5, quadro 4.1). Estes alunos parecem confundir os fenómenos “efeito de estufa” e “degradação da camada de ozono”. Estes resultados coincidem com os apresentados por Andersson e Wallin (2000), Boyes e Stanisstreet (1993), (1997), Boyes et al (1999), Francis et al (1993), Fisher (1998) e Rye et al (1997).

Exemplos:

ES:

Aluno 15: “O efeito de estufa é causado pela destruição da camada de ozono devido aos CFCs dos sprays e à poluição.”

ESTLQ:

Aluno 5: “O efeito estufa é o aquecimento do planeta devido ao aumento do buraco de ozono que permite a entrada dos raios U.V..”

Dois alunos ES referem que o efeito de estufa é a causa das chuvas ácidas (C6, quadro 4.1). Estes alunos inter-relacionam dois problemas ambientais distintos. Esta relação entre os dois fenómenos também se encontra documentada por Boyes e Stanisstreet (1993).

Exemplo:

ES:

Aluno 4: “É a retenção de CO₂ e outros gases maléficos na atmosfera que mais tarde em reacção com a água das chuvas dão origem às chuvas ácidas.”

Um aluno ES e um aluno ESTLQ indicam as alterações climáticas (C7, quadro 4.1) como sendo o efeito de estufa. Boyes e Stanisstreet (1993) apresentam resultados semelhantes.

Exemplo:

ES:

Aluno 3: “São as alterações climáticas na Terra.”

Alguns alunos de todos os níveis consideram o aumento de gases na atmosfera ou a poluição atmosférica (C8 e C9, quadro 4.1) como sendo a causa do efeito de estufa. Estes alunos podem estar a confundir o efeito de estufa com o aquecimento global.

Exemplo:

ES:

Aluno 19: “É o sobreaquecimento do planeta devido à acumulação de gases na atmosfera, o que não permite a libertação do calor acumulado para o exterior do planeta.”

O dióxido de carbono na atmosfera (C10, quadro 4.1) é citado como sendo a causa do efeito de estufa por muito poucos alunos dos três níveis de ensino. São também citados outros gases (monóxido de carbono, monóxido de azoto, dióxido de enxofre e dióxido de azoto) (C11, quadro 4.1) por alunos ESTLQ e LQ. De novo os alunos parecem estar a confundir o efeito de estufa com o aquecimento global, bem como parecem considerar que, em geral, os gases poluentes são os causadores do efeito de estufa.

Exemplos:

ES:

Aluno 25: “É o aquecimento global provocado pelo aumento na concentração de CO₂ na atmosfera o que faz o planeta parecer uma estufa.”

ESTLQ:

Aluno 2: “É um efeito que se traduz pelo aquecimento global do planeta, devido às cada vez maiores quantidades de CO₂ na atmosfera”.

LQ:

Aluno 6: “ Efeito de estufa – aquecimento que se tem verificado na superfície da Terra devido à acumulação de gases na atmosfera como o CO₂, CO, NO₂, NO, etc. que formando uma barreira impedem que a radiação que a atravessa regresse na totalidade – como acontece nas estrelas”.

Nenhum dos alunos ES se refere a radiações quando explicam o que entendem por efeito de estufa. Só cerca de 1/3 dos alunos ESTLQ e 1/5 dos alunos LQ o fazem (sete alunos ESTLQ e quatro alunos LQ, C12 a C18 , quadro 4.1).

Três alunos (dois alunos ESTLQ e um aluno LQ) indicam apenas que o efeito de estufa é causado por radiação (C12, quadro 4.1).

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 8: “É o aquecimento da Terra por meio de radiações.”

LQ:

Aluno 6: “Efeito de estufa – aquecimento que se tem verificado na superfície da Terra devido à acumulação de gases na atmosfera como CO₂, CO, NO₂, NO, etc. que formando uma barreira impedem que a radiação que a atravessa regresse na totalidade – como acontece nas estufas.”

Dois alunos (um aluno ESTLQ e um aluno LQ) já são capazes de referir que essa radiação atinge a Terra, mas não explicam a que radiação se referem (C13, quadro 4.1).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 3: “O efeito de estufa é provocado pelo aquecimento térmico da terra devido à acumulação de radiações que não são reflectidas e desse modo atingem a superfície terrestre.”

É interessante referir que um aluno LQ considera que a radiação que atinge a Terra é a radiação ultravioleta (C14, quadro 4.1).

Exemplo:

LQ:

Aluno 10: “É o efeito de aquecimento do planeta devido às radiações ultravioleta que em vez de serem difundidas para o universo, tornam a incidir no nosso planeta, provocando um sobreaquecimento do planeta.”

É também de salientar que dois alunos ESTLQ referem a retenção de raios solares pela atmosfera (C15, quadro 4.1), o que não está relacionado com o efeito de estufa.

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 1: “É a retenção dos raios solares na atmosfera terrestre.”

Um aluno LQ refere que há retenção pela atmosfera de radiação reflectida pela Terra (C16, quadro 4.1). Este aluno já é capaz de considerar que a radiação retida pela atmosfera é a reflectida pela Terra embora não explique de que radiação se trata.

Exemplo:

LQ:

Aluno 1: “É o aquecimento do nosso planeta por retenção da radiação reflectida pela terra, pela atmosfera”.

Só um aluno (ESTLQ) é capaz de referir que se trata de radiação infravermelha, referindo também que esta radiação é retida por “gases de estufa” (C17, quadro 4.1), mas este aluno não se refere à reemissão de radiação para a Terra.

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 22: “É um fenómeno natural provocado pela retenção dos raios infravermelhos por gases de estufa, impedindo o desarrefecimento acentuado da temperatura da terra, durante a noite.”

Só um aluno ESTLQ é capaz de referir o papel dos “gases de estufa” no efeito de estufa associado ao reenvio de radiação para a Terra (C18, quadro 4.1).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 17: “Das radiações emitidas pelo sol que atingem a terra algumas são absorvidas outras são reflectidas. As reflectidas podem ser “impedidas” de sair da atmosfera da terra por um conjunto de gases (gases de estufa) que as reenviam para a terra o que provoca um aumento da temperatura.”

Nesta questão, a maioria dos alunos não considera que o efeito de estufa é um fenómeno natural que mantém a temperatura da Terra amena o que permite a existência de vida.

4.1.2 – O que causa o efeito de estufa?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o efeito de estufa era causado pelos gases promotores do efeito de estufa (como: vapor de água, dióxido de carbono e ozono) que existem naturalmente na atmosfera.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.2.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	Poluição	12	11	12
C2	Aumento de CO ₂	3	2	10
C3	Gases de estufa.	-	1	-
C4	CO ₂ e vapor de água	-	3	2
C5	Alterações de clima	1	2	-
C6	Chuvas ácidas	-	1	-
C7	O buraco de ozono	4	3	2
C8	A radiação ultravioleta	-	2	-
C9	Radiações	-	1	1
C10	Outras respostas	4	-	1
C11	Não sabem	3	-	-
C12	Não respondem	1	2	-
TOTAL		28*	28*	28*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.2 – O que causa o efeito de estufa

A maioria dos alunos de todos os níveis de ensino em estudo parecem associar o efeito de estufa ao aquecimento global, já que consideram que o efeito de estufa é causado pela poluição, devido a vários gases tais como CFCs, monóxido de carbono, dióxido de azoto, monóxido de azoto e metano e pelo aumento da concentração de dióxido de carbono (C1 e C2, quadro 4.2).

Exemplos:

ES:

Aluno 12: “A emissão de gases poluentes.”

Aluno 13: “A poluição atmosférica nomeadamente CFC’s e outros químicos similares.”

Aluno 26: “Aumento da concentração de CO₂...”

ESTLQ:

Aluno 2: “Basicamente a poluição proveniente da combustão de automóveis e afins, dando-se a produção de CO₂. Também a desflorestação (Amazónia).”

Aluno 25: “ O efeito de estufa é causado pela concentração de gases poluentes, como SO₂, na atmosfera.”

LQ:

Aluno 10: “A emissão de diversos gases deste planeta por exemplo (o dióxido de carbono e dióxido de azoto) e a poluição.”

Aluno 13: “ É causado pelo aumento de dióxido de carbono na atmosfera.”

Há um aluno ESTLQ que refere como causa do efeito de estufa os “gases de estufa” (C3, quadro 4.2).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 22: “ São gases de estufa, que têm a capacidade de reter as radiações infravermelhas.”

Apenas alguns alunos (três alunos ESTLQ e dois alunos LQ) consideram o dióxido de carbono e o vapor de água (C4, quadro 4.2) como os causadores do efeito de estufa.

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 17: “Gases como o CO₂, vapor de água e metano.”

LQ:

Aluno 21: “ São os gases libertados pelas indústrias principalmente tais como o CO₂ e vapor de água.”

Um aluno ES e dois alunos ESTLQ referem as alterações do clima (C5, quadro 4.2) e um aluno ESTLQ indica as “chuvas ácidas” (C6, quadro 4.2) como causa do efeito de estufa. Temos de novo a relação que alguns alunos estabelecem com outros fenómenos ambientais e que também se encontra documentada por Boyes e Stanisstreet (1993).

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 9: “Alterações climáticas.”

Aluno 12: “Poluição. Chuvas ácidas. Sprays.”

De salientar que há alunos (quatro alunos ES, três alunos ESTLQ e dois alunos LQ) que consideram que o efeito de estufa é causado pela degradação da camada de ozono (C7, quadro 4.2). Esta ideia já apareceu na questão anterior.

Exemplos:

ES:

Aluno 5: “O buraco de ozono.”

Aluno 15: “A destruição da camada de ozono e a poluição.”

ESTLQ:

Aluno 3: “O facto de determinadas radiações atingirem a superfície terrestre pelo facto de existir um “buraco” da camada de ozono, o que faz com que as mesmas não sejam retidas por este.”

LQ:

Aluno 16: “O efeito de estufa é causado pela destruição da camada de ozono e também pela libertação de gases nocivos e tóxicos para o meio ambiente.”

Dois alunos ESTLQ referem as radiações ultravioleta como causa do efeito de estufa (C8, quadro 4.2).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 8: “ radiações ultravioletas”

Um aluno ESTLQ e um aluno LQ consideram que o que causa o efeito de estufa são radiações (C9, quadro 4.2), sem no entanto especificarem quais.

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 15: “É causado pelas radiações que “penetram”.”

LQ:

Aluno 5: “A passagem de maior quantidade de radiações.”

A maioria dos alunos não indica que são os gases promotores do efeito de estufa, a causa do efeito de estufa, nem referem que esses gases existem naturalmente na atmosfera. Esta ideia é consistente com a resposta anterior na qual muito poucos alunos consideram o efeito de estufa como um fenómeno natural.

4.1.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós? Explique.

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o efeito de estufa é bom para nós porque é responsável pela temperatura amena da terra o que permite a existência de vida tal como a conhecemos.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se nos quadros 4.3, 4.4 e 4.5.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	O efeito de estufa é bom	1	4	4
C2	O efeito de estufa é mau	24	18	22
C3	Não diz bom nem mau	1	-	1
C4	Não responde	1	1	-
TOTAL		27*	23*	27*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
O efeito de estufa é bom para nós porque:				
C1	Mantém a temperatura da terra adequada à existência de vida	1	4	3
C2	Não explica	-	-	1
TOTAL		1	4	4

Quadro 4.4 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa bom para nós

Categorias de resposta		ES	ESTLQ	LQ
O efeito de estufa é mau para nós porque:		N=27	N=22	N=23
C1	Provoca um aumento da temperatura, alterações climáticas, alterações nas culturas e colheitas, degelo de calotes polares, secas e inundações e torna a vida na Terra impossível	19	15	20
C2	Provoca a ocorrência de chuvas ácidas	1	-	-
C3	Provoca o cancro	-	1	-
C4	Provoca poluição	1	1	-
C5	Provoca a destruição da camada de ozono	1	1	-
C6	Outras	1	-	-
C7	Não explica	4	3	1
TOTAL		27*	22*	21*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.5 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa mau para nós

Apenas um reduzido número de alunos referem que o efeito de estufa é bom para nós (um aluno ES, quatro alunos ESTLQ, quatro alunos LQ, quadro 4.3). Esses alunos consideram que o efeito de estufa é bom porque é responsável por manter a temperatura da terra amena permitindo a existência de vida (C1, quadro 4.4).

Exemplos:

ES:

Aluno 20: “É bom, porque nos mantém a temperatura aproximadamente constante, se assim não fosse, não aguentaríamos a variação da temperatura ao longo do dia.”

ESTLQ:

Aluno 22: “É bom, pois permite que não haja uma grande diferença de temperatura do dia para a noite, tornando assim muito mais possível a vida na terra. Há uma maior homogeneização da temperatura.”

LQ:

Aluno 1: “É bom porque permite que o planeta tenha uma temperatura adequada para a existência de vida. É mau se se continuar a emissão exagerada de CO₂, que provocará um excessivo aumento da temperatura, tornando impossível a vida na terra.”

É de salientar que um aluno (ESTLQ) refere ainda que um agravamento do efeito de estufa pode provocar o aquecimento global. Só este aluno apresenta uma resposta que indica claramente uma distinção entre o efeito de estufa e o seu agravamento - o aquecimento global.

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 19: “O efeito de estufa permite que o nosso planeta tenha vida, até um certo ponto, sendo portanto benéfico. A acumulação excessiva de gases na atmosfera aumentando o efeito de estufa é maléfica dado que provoca o aquecimento global do planeta”.

A ideia de que o efeito de estufa é mau para nós (C2, quadro 4.3), é partilhada pela maioria dos alunos. As razões apresentadas correspondem aos problemas causados pelo aquecimento global (C1, quadro 4.5). Isto parece indicar, novamente, que os alunos confundem o efeito de estufa com o aquecimento global. Estes resultados são suportados pelos estudos publicados por diversos investigadores (Andersson e Wallin, 2000, Boyes e Stanisstreet, 1997 e Rye et al, 1997).

Exemplos:

ES:

Aluno 5: “Mau, pode provocar secas em alguns sítios, e o subir das águas noutros devido ao degelo dos pólos, desestabilizando a natureza”.

ESTLQ:

Aluno 2: “É muito mau para nós seres vivos porque provoca flutuações acentuadas e imprevistas no clima às quais não estamos habituados”.

LQ:

Aluno 3: “O efeito de estufa não é bom, pelo contrário, pois o sobreaquecimento leva a que os glaciares comecem a derreter, o tempo das estações do ano alteram-se, conduzindo a alterações nos cultivos e posteriormente nas produções, etc.”.

É de referir a resposta dada por um aluno (ES) que considera que o efeito de estufa provoca chuvas ácidas (C2, quadro 4.5) ideia que já tinha surgido nas respostas às questões anteriores.

Exemplo:

ES:

Aluno 15: “É mau, porque as chuvas tornam-se, mais intensas e ácidas assim como a temperatura passa a ser mais elevada. Além do facto de os raios solares serem mais intensos provocando queimaduras.”

É de salientar que um aluno (LQ) considera que o efeito de estufa pode provocar cancro (C3, quadro 4.5). Resultados semelhantes são referidos por Boyes e Stanisstreet (1993).

Exemplo:

LQ:

Aluno 5: “Mau, porque além de aumentar os níveis do mar, pode levar ao desaparecimento de alguns países; provocar o cancro, etc.”

O aumento da poluição (C4, quadro 4.5) é outro aspecto negativo apontado por dois alunos (um aluno ES e um aluno ESTLQ) para o efeito de estufa. Também Boyes e Stanisstreet (1997) apresentam resultados semelhantes, embora para alunos mais novos.

Exemplos:

ES:

Aluno 16: “É mau. O clima aquece o que provoca maior poluição, criando um ciclo vicioso”.

ESTLQ:

Aluno 6: “ É essencialmente mau pois deteriora o ar que respiramos, alterando fauna e flora”.

Dois alunos (um ES e outro ESTLQ) referem que o efeito de estufa é mau porque leva à destruição da camada de ozono (C5, quadro 4.5). Esta ideia já surgiu nas respostas às questões anteriores.

Exemplos:

ES:

Aluno 13: “Mau porque provoca a destruição da camada de ozono e um aquecimento global”.

ESTLQ:

Aluno 10: “Mau, os níveis de H₂O aumentam fazendo diminuir a percentagem de terra existente. E os níveis de CO₂ aumentam provocando a diminuição da camada de ozono”.

Nesta questão a maioria dos alunos não reconhece que o efeito de estufa é bom para nós porque o identificam com o aquecimento global.

4.1.4 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o modo de diminuir a extensão do efeito de estufa

correspondia a reduzir a quantidade de gases promotores desse efeito na atmosfera, principalmente do dióxido de carbono. Para isso várias acções seriam possíveis, tais como: diminuir o abate de florestas, plantar mais árvores, diminuir a queima de combustíveis fósseis, utilizar fontes de energia alternativas, eliminar a emissão de CFCs, etc.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.6.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	Reduzir a poluição atmosférica	11	13	18
C2	Reduzir o uso de substâncias prejudiciais à camada de ozono	-	2	-
C3	Reduzir a emissão dos CFC's, e a utilização de lacas e sprays	6	-	-
C4	Reduzir as emissões de CO ₂	4	1	3
C5	Plantar árvores ou diminuir o abate	2	1	1
C6	Usar fontes de energia alternativas	1	3	2
C7	Outras respostas	1	-	-
C8	Não respondem	9	6	2
TOTAL		34*	26*	26*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.6 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa

Cerca de metade dos alunos de todos os níveis de ensino deste estudo refere a redução da poluição atmosférica em geral como forma de diminuir a extensão do efeito de estufa (C1, quadro 4.6). A referência à redução da poluição atmosférica em geral, sugere que os alunos encaram o efeito de estufa como uma dimensão dessa mesma poluição (Koulaidis e Christidou, 1999).

Exemplos:

ES:

Aluno 23: “Usar filtros nas fábricas, tentar diminuir a quantidade de fumos industriais libertados na biosfera.”

Aluno 3: “Tentar controlar a poluição.”

ESTLQ:

Aluno 4: “ Diminuindo a poluição; controlando o ambiente.”

LQ:

Aluno 6: “Controlo dos gases expelidos pelas fábricas pela colocação de filtros apropriados, verificação mais rigorosa dos gases expelidos pelos escapes dos automóveis...”

Algumas destas respostas denotam preocupações ambientais com as emanações de chaminés (gases, alguns deles de estufa, e poeiras). Esta ideia parece indicar a tendência que os alunos têm, ao conhecerem e considerarem necessárias a adopção de variadas medidas de protecção do ambiente, em confundir as diferentes medidas e a não serem capazes de relacionar a medida de protecção do ambiente com o respectivo problema ambiental que ela ajuda a resolver. Este resultado também se encontra documentado por Boyes e Stanisstreet (1993).

Dois alunos ESTLQ consideram que o efeito de estufa pode ser diminuído se preservarmos a camada de ozono (C2, quadro 4.6). Esta ideia é consistente com respostas que têm sido dadas às questões anteriores que atribuem à camada de ozono a responsabilidade pelo efeito de estufa.

Exemplos:**ESTLQ:**

Aluno 3: “Reduzindo o uso de substâncias e objectos que são prejudiciais à camada de ozono. Para que esta não fosse destruída”.

Aluno 15: “Evitando a poluição e cuidarmos mais da camada de ozono”.

Cerca de metade dos alunos ES e um quarto dos alunos ESTLQ e LQ (treze alunos ES, cinco alunos ESTLQ e seis alunos LQ) referem acções possíveis para reduzir a quantidade de gases na atmosfera, promotores do efeito de estufa tais como: eliminar a emissão de CFCs, reduzir as emissões de dióxido de carbono, diminuir o abate de florestas, plantar mais árvores, utilizar fontes de energia alternativas (C3, C4, C5 e C6 quadro 4.6)

Exemplos:**ES:**

Aluno 25: “Diminuir a emissão de CO₂ para a atmosfera ou reduzir a quantidade existente plantando mais árvores para realizar a fotossíntese.”

Aluno 4: “Fazendo reduzir a produção de CFCs.”

ESTLQ:

Aluno 11: “Ex. plantar mais árvores e controlar a quantidade de produtos químicos que são “lançados” na atmosfera.”

Aluno 2: “Recorrendo a novas fontes de energia não poluentes (Energia solar, eólica, hidráulica...). Também mudando os hábitos pessoais de cada um, no que a transportes diz respeito.”

LQ:

Aluno 15: “Diminuindo a libertação de CO₂ e deixando de usar sprays com CFCs.”

Aluno 13: “Não destruir a vegetação (árvores).”

Aluno 5: “Teria de se alterar o tipo de energias utilizadas, criando energias “limpas””.

A maioria dos alunos refere que se pode reduzir a extensão do efeito de estufa diminuindo a poluição atmosférica em geral o que sugere que os alunos consideram o efeito de estufa como uma dimensão dessa mesma poluição. Só um número reduzido de alunos ESTLQ e LQ e cerca de metade dos alunos ES são capazes de referir acções possíveis para a redução da quantidade de gases na atmosfera, promotores de efeito de estufa.

4.1.5 – O que é o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono corresponde a uma zona na estratosfera onde ocorreu uma diminuição de ozono.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.7.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	Diminuição da camada de ozono	11	5	21
C2	Buraco na camada de ozono	14	14	2
C3	Outras respostas	1	1	-
C4	Não responde	1	2	-
TOTAL		27*	22*	23*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.7 – O que é o “buraco” de ozono

Cerca de metade da totalidade destes alunos (onze alunos ES, cinco alunos ESTLQ e vinte e um alunos LQ) consideram que o “buraco” de ozono corresponde a uma diminuição da camada de ozono (C1, quadro 4.7).

Exemplos:

ES:

Aluno 2: “É um local da nossa atmosfera em que a quantidade de ozono é muito reduzida.”

ESTLQ:

Aluno 19: “O “buraco” de ozono é uma zona da camada de ozono que protege o planeta que está fragilizada. Nessa zona não existe um “buraco” mas o ozono está muito menos concentrado permitindo a “passagem” de uma maior quantidade de radiação ultravioleta, nociva para a vida na terra.”

LQ:

Aluno 1: “É a diminuição da quantidade de ozono existente na atmosfera.”

Os outros alunos consideram o “buraco” de ozono como sendo mesmo um buraco na atmosfera ou falha na camada de ozono (catorze alunos ES, catorze alunos ESTLQ e dois alunos LQ, C2, quadro 4.7). A utilização da linguagem do quotidiano num contexto escolar (Sutton, 1981) pode estar na origem destas ideias.

Exemplos:

ES:

Aluno 7: “É um buraco na atmosfera terrestre.”

Aluno 10: “Não existência de ozono em certas zonas da atmosfera.”

ESTLQ:

Aluno 5: “É a destruição da camada de O_3 que permite a entrada dos raios U.V..”

LQ:

Aluno 13: “O buraco do ozono é um buraco na camada de ozono que se encontra em volta da crosta terrestre.”

Aluno 15: “O “buraco” de ozono consiste num tipo de fenda provocado na camada de ozono existente na atmosfera.”

Metade da totalidade destes alunos considera que o “buraco” de ozono é mesmo um buraco em vez de uma diminuição da quantidade de ozono na atmosfera.

4.1.6 – O que causa o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o que causa o “buraco” de ozono é a reacção do ozono com certas espécies químicas que o consomem (como por exemplo o cloro proveniente dos CFCs).

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.8.

Categorias de Resposta		ES	ESTLQ	LQ
O “buraco” de ozono é causado		N=27	N=22	N=23
C1	Pela poluição	9	13	-
C2	Pelos CFCs	15	10	11
C3	Por gases (sem serem especificados quais)	5	5	3
C4	Pela utilização de desodorizantes, de sprays e de frigoríficos	2	2	1
C5	Pelos escapes dos automóveis	-	1	1
C6	Pelo dióxido de carbono	3	-	-
C7	Pela reacção dos CFCs com a radiação solar	-	-	1
C8	Pela reacção do ozono com o dióxido de carbono	1	-	-
C9	Pela reacção do ozono com produtos químicos	1	-	-
C10	Pela reacção do ozono com os CFCs	-	1	6
C11	Pela reacção de ozono com átomos de cloro	-	-	2
C12	Pelas chuvas ácidas	-	1	-
C13	Outras respostas	1	-	1
C14	Não respondem	1	-	1
TOTAL		38*	33*	27*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.8 – O que causa o “buraco” de ozono

Cerca de metade dos alunos de todos os níveis de ensino deste estudo referem-se aos CFCs como os causadores do “buraco” de ozono (C2, quadro 4.8), sem explicarem porquê.

Exemplos:

ES:

Aluno 1: “O uso de produtos que libertam CFC’s para a atmosfera, que vão provocar uma tal ruptura.”

ESTLQ:

Aluno 20: “O “buraco” de ozono é causado por o uso de sprays, produtos que contêm CFC’s, entre outros.”

LQ:

Aluno 3: “Os CFC são os principais causadores da destruição da camada de ozono”.

Alguns alunos (nove alunos ES e treze alunos ESTLQ) indicam a poluição em geral (C1, quadro 4.8) como causa do “buraco” de ozono sem no entanto darem exemplos

concretos, o que reforça as dificuldades que os alunos têm em distinguir os problemas ambientais actuais, como já foi referido anteriormente.

Exemplos:

ES:

Aluno 24: “A poluição emitida para a atmosfera.”

ESTLQ:

Aluno 8: “Poluição excessiva.”

Alguns alunos (cinco alunos ES, cinco alunos ESTLQ e três alunos LQ) consideram que há gases, sem especificarem quais, que são a causa do “buraco” de ozono (C3, quadro 4.8).

Exemplos:

ES:

Aluno 10: “Acumulação de gases na atmosfera.”

ESTLQ:

Aluno 5 “Principalmente a libertação de gases tóxicos libertados para a atmosfera.”

LQ:

Aluno 17: “ O que causa o “buraco” de ozono é a emissão de gases existentes nalguns produtos que usamos no nosso dia a dia ...”

Alguns alunos referem a utilização de desodorizantes, de sprays e de frigoríficos como a causa do “buraco” de ozono sem referirem os CFCs (C4, quadro 4.8).

Exemplos:

ES:

Aluno 7: “É causado por variadas coisas, como por exemplo sprays, poluição, etc.”

ESTLQ:

Aluno 6: “O uso de poluentes, e alguns gases utilizados na refrigeração e latas de spray.”

LQ:

Aluno 17: “O que causa a ‘buraco’ do ozono é a emissão de gases existentes nalguns produtos que usamos no nosso dia a dia (desodorizantes, sprays, escapes dos carros...) que vai destruir a camada fazendo por isso que exista um buraco.”

É de salientar que alguns alunos indicam os gases expelidos pelos escapes dos carros (C5, quadro 4.8) e o dióxido de carbono (C6, quadro 4.8) como os responsáveis pela

degradação da camada de ozono. Para estes alunos os gases promotores do efeito de estufa são os responsáveis pela degradação da camada de ozono. Estes resultados foram também referidos por Boyes et al (1999), Boyes e Stanisstreet (1997), Potts et al (1996) e Rye et al (1997).

Exemplos:

ES:

Aluno 15: “O excesso de CO₂ libertado nos automóveis e fábricas e os CFC’s.”

ESTLQ:

Aluno 14: Os CFC’s, os automóveis, as indústrias.”

Alguns alunos mencionam a ocorrência de uma reacção em que o ozono é um dos reagentes (dois alunos ES, um aluno ESTLQ e oito alunos LQ). Destes alunos, sete (1 aluno ESTLQ e seis alunos LQ) indicam os CFCs como reagindo com o ozono (C10, quadro 4.8), não se referindo aos átomos de cloro que reagem de facto com ele.

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 19: “ O “buraco” de ozono é causado por emissões de compostos como os CFCs que fazem com que o ozono reaja de forma a criar cristais que são destruídos pela radiação proveniente do sol.”

LQ:

Aluno 1: “A emissão excessiva de CFC que decompõem a molécula de ozono.”

Aluno 8: “São compostos contendo CFC’s que reagem com o O₃ destruindo a respectiva camada, lançamento de foguetões.”

Há no entanto dois alunos (LQ) que se referem aos átomos de cloro (C11, quadro 4.8), mas não declaram a sua proveniência.

Exemplo:

LQ:

Aluno 5: “Parece-me que ocorre uma reacção química entre o cloro e o ozono, resultando em O₂. Parece-me que há ainda uma reacção que forma um composto estável que não só o O₂.”

Um aluno (ESTLQ) considera as chuvas ácidas (C12, quadro 4.8) como a causa do “buraco” de ozono. Este aluno estabelece assim uma relação entre os dois fenómenos, o que também se encontra documentado por Boyes e Stanisstreet (1993).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 12: O “buraco” de ozono é devido à poluição humana, ao efeito das chuvas ácidas.”

Cerca de metade dos alunos indica que o que causa o “buraco” de ozono são os CFCs mas não referem porquê.

4.1.7 – O “buraco” de ozono é bom ou mau para nós? Explique.

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono é mau para nós porque deixa passar radiação ultravioleta que nos é nociva. Pretendia-se ainda que os alunos identificassem danos que podem resultar da radiação ultravioleta, tais como, o aparecimento de cancro de pele e de cataratas.

Todos os alunos consideraram que o “buraco” de ozono era mau para nós.

As razões apresentadas foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.9.

Categorias de Resposta		ES	ESTLQ	LQ
O “buraco” de ozono é mau porque:		N=27	N=22	N=23
C1	O ozono protege-nos das radiações UV nocivas	23	18	20
C2	O ozono protege-nos das radiações IV nocivas	-	-	3
C3	As radiações entram mas não saem	-	1	-
C4	Provoca o aquecimento do planeta	6	3	5
C5	Outras	-	3	1
C6	Não explica	-	-	1
TOTAL		29*	25*	30*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.9 – Razões apresentadas para justificar por que é mau para nós o “buraco” de ozono

A maioria dos alunos refere que as radiações ultravioleta não são filtradas o que prejudica a saúde (C1, quadro 4.9)

Exemplos:

ES:

Aluno 1: “É mau, pois é a camada de ozono que filtra os raios UV do sol, perdendo assim a capacidade de os filtrar nesse buraco. É claro que os raios não filtrados fazem pessimamente à saúde.”

ESTLQ:

Aluno 11: “É mau pois a é a camada de ozono que nos protege, por exemplo, dos raios ultravioleta, nocivos à nossa saúde.”

LQ:

Aluno 7: “Mau – a camada de ozono protege-nos das radiações UV, que sendo fortes radiações alteram a nossa vida – como o aumento de cancro de pele, mutações nos seres vivos.”

Três alunos LQ mencionam que o ozono retém também a radiação infravermelha (C2, quadro 4.9). Isto poderá revelar que estes alunos têm um conhecimento mais alargado do espectro electromagnético e da interacção da radiação com a matéria. No entanto, a não absorção da radiação infravermelha na estratosfera, não provoca os danos que se atribuem à não absorção da radiação ultravioleta.

Exemplo:

LQ:

Aluno 1: “É mau pois o ozono impede que radiações nocivas (UV, IV) cheguem até nós, e portanto sem ele deixamos de ter essa protecção.”

Um aluno ESTLQ considera que o “buraco” de ozono deixa entrar radiações mas não as deixa sair (C3, quadro 4.9). Esta ideia também se encontra documentada num estudo referido por Boyes e Stanisstreet (1993):

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 14: “Mau visto que deixa entrar essas radiações, mas não as deixa sair.”

É de salientar que alguns alunos referem que o “buraco” de ozono é mau para nós porque provoca o aquecimento global (C4, quadro 4.9). Estes resultados foram também referidos por Andersson e Wallin (2000), Boyes e Stanisstreet (1993), Boyes et al (1999) e Rye et al (1997).

Exemplos:

ES:

Aluno 16: “Mau, permite a passagem de raios UV extremamente prejudiciais à saúde e agrava o efeito de estufa.”

Aluno 20: “É mau, porque provoca um sobreaquecimento do planeta, conseqüente derretimento do gelo nos pólos, o que pode provocar uma inundação à escala mundial”.

ESTLQ:

Aluno 3: “É mau! Provoca o efeito de estufa, e isso é mau!”

LQ:

Aluno 8: “Mau, uma vez que a camada de O₃ protege-nos dos raios solares porque funciona como um filtro. O buraco do ozono permite a entrada da radiação solar directamente e como consequência um aquecimento do planeta.”

Os danos referidos pelos alunos como resultado do “buraco” de ozono encontram-se categorizados no quadro 4.10.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	Prejudica a saúde	9	10	6
C2	Prejudica a vida na Terra	2	3	3
C3	Prejudica a pele	4	2	-
C4	Prejudica as plantas	1	1	-
C5	Prejudica o ambiente	-	3	1
C6	Provoca o efeito de estufa	-	1	-
C7	Provoca o aquecimento global	4	2	3
C8	Provoca alterações climáticas	2	-	2
C9	Provoca o cancro	1	1	2
C10	Provoca cancro de pele	3	1	7
C11	Provoca cataratas	-	1	1
TOTAL		26*	25*	25*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.10 – Danos resultantes do “buraco” de ozono

Cerca de um terço dos alunos ES, metade dos alunos ESTLQ e um quarto dos alunos LQ mencionam, como danos resultantes do “buraco” de ozono, o prejuízo da saúde, em geral (C1, quadro 4.10).

Exemplos:

ES:

Aluno 8: “Mau, pois pelo “buraco” vão passar raios ultra-violeta que prejudicam gravemente a saúde.”

ESTLQ:

Aluno 11: “é mau pois é a camada de Ozono que nos protege, por exemplo, dos raios ultravioleta, nocivos à nossa saúde.”

LQ:

Aluno 19: “O “buraco” de ozono é mau para todos nós pois possibilita a chegada de radiações UV ao globo terrestre, que são prejudiciais para todos nós.”

Alguns alunos (2 alunos ES, 3 alunos ESTLQ e 3 alunos LQ) referem também, genericamente, o prejuízo da vida na Terra (C2, quadro 4.10) como dano resultante do “buraco” de ozono.

Exemplos:

ES:

Aluno 17: “ É mau, não trás benefícios, apenas prejudica a vida na Terra.”

ESTLQ:

Aluno 16: “É mau. Esta camada, de ozono, filtra as radiações que nos são prejudiciais. Se ela deixa de existir, estas radiações chegam à superfície terrestre e atingem, negativamente, os seres vivos.”

LQ:

Aluno 3: “É maléfico, pois esta camada actua como que um filtro de raios (UV), esta camada ao ser destruída deixa entrar os raios que prejudicam a vida terrestre.”

Alguns alunos (4 alunos ES e 2 alunos ESTLQ) consideram que o “buraco” de ozono pode prejudicar a pele (C3, quadro 4.10) sem, no entanto, explicarem a que tipo de prejuízo se referem.

Exemplos:

ES:

Aluno 2: “É mau porque a camada de ozono protege a terra dos raios ultra-violeta, e estes são prejudiciais para, por exemplo a pele...”

ESTLQ:

Aluno 9: É mau porque envolve problemas de saúde. Uma vez que o “buraco” de ozono deixa passar os raios ultravioleta que ao incidirem na pele (esta se estiver sem protecção alguma) causa problemas graves.”

A referência a que o “buraco” de ozono pode prejudicar as plantas (C4, quadro 4.10), é feita por dois alunos (um aluno ES e um aluno ESTLQ).

Exemplo:**ES:**

Aluno 5: “Mau. As radiações solares que era suposto a camada de ozono “absorver” chegam até nós e são nocivas pelo menos para os humanos e penso que para as plantas também.”

O prejuízo do ambiente (C5, quadro 4.10), de uma maneira geral, como um dano devido ao “buraco” de ozono, é mencionado por três alunos ESTLQ e um aluno LQ.

Exemplo:**ESTLQ:**

Aluno 12: “Mau, porque é uma consequência da poluição humana que poderá afectar o nosso ambiente.”

Um aluno ESTLQ considera que o “buraco” de ozono provoca o efeito de estufa (C6, quadro 4.10).

Exemplo:**ESTLQ:**

Aluno 3: “É mau! Provoca o efeito de estufa, e isso é mau!”

Alguns alunos (quatro alunos ES, dois alunos ESTLQ e três alunos LQ) parecem confundir o fenómeno da degradação da camada de ozono com o aquecimento global, pois indicam que o “buraco” de ozono provoca o aquecimento global. Esta relação também já foi anteriormente estabelecida.

Exemplos:**ES:**

Aluno 16: “Mau, permite a passagem de raios UV extremamente prejudiciais à saúde e agrava o efeito de estufa.”

ESTLQ:

Aluno 8: “Mau, porque não consegue reter as radiações ultravioletas, e assim há um consequente aquecimento da superfície terrestre.”

LQ:

Aluno 8: “Mau, uma vez que a camada de O₃ protege-nos dos raios solares porque funciona como um filtro. O buraco do ozono permite a entrada da radiação solar directamente e como consequência um aquecimento do planeta.”

As alterações climáticas (C8, quadro 4.10) aparecem também mencionadas por quatro alunos (dois alunos ES e dois alunos LQ) como um dano produzido pelo “buraco” de ozono.

Exemplos:**ES:**

Aluno 3: “É muito mau pois vai alterar a estabilidade do planeta a nível climatérico; do que daí possa levar a várias catástrofes naturais devido à alteração de toda a hegemonia da Terra.”

LQ:

Aluno 23: “Mau porque deixa de proteger os habitantes terrestres dos raios UV e altera o clima terrestre.”

A referência a que o “buraco” de ozono provoca o cancro, sem especificarem de que tipo (C9, quadro 4.10), é feita por quatro alunos (um aluno ES, um aluno ESTLQ e dois alunos LQ).

Exemplos:**ES:**

Aluno 21: “É mau porque o ozono impede que raios ultravioleta cheguem à Terra. Se há um “buraco”, a Terra é atingida por essas radiações que provocam cancro, etc.”

ESTLQ:

Aluno 19: “O “buraco” de ozono é extremamente prejudicial não só para nós como para a vida em geral, na Terra. Causa o aumento da radiação UV incidente, o que provoca cancros, cataratas, problemas cutâneos. Existem já zonas totalmente desprotegidas, nas quais os habitantes são avisados para não sair de casa, como, por exemplo, a cidade de Ushuaia, na Patagónia.”

LQ:

Aluno 5: “Mau. O “buraco” deixa passar um tipo de radiações que nos são prejudiciais. As radiações têm a capacidade de provocar alterações a nível celular, que em último caso provocam cancro.”

A indicação específica de cancro de pele (C10, quadro 4.10) é feita por um maior número de alunos (três alunos ES, um aluno ESTLQ e sete alunos LQ).

Exemplos:

ES:

Aluno 14: “Mau, pode provocar doenças, como o cancro de pele.”

ESTLQ:

Aluno 5: “Mau, porque a penetração dos raios UV pode levar à provocação de cancro de pele, e outras doenças; bem como outras destruições ecológicas.”

LQ:

Aluno 21: “É mau, porque permite a passagem de maior radiação solar (radiações maléficas nomeadamente para a pele como U.V.) podendo levar ao aparecimento de cancros de peles e outras doenças dermatológicas.”

A referência ao aparecimento de cataratas (C11, quadro 4.10) como um dos danos devidos ao “buraco” de ozono, apenas é realizada por dois alunos (um aluno ESTLQ e um aluno LQ). No entanto, estes alunos não as referem isoladamente, mas sim em simultâneo com outros danos por eles considerados resultantes do “buraco” de ozono.

Exemplos:

ESTLQ:

Aluno 19: “O “buraco” de ozono é extremamente prejudicial não só para nós como para a vida em geral, na Terra. Causa o aumento da radiação UV incidente, o que provoca cancros, cataratas, problemas cutâneos. Existem já zonas totalmente desprotegidas, nas quais os habitantes são avisados para não sair de casa, como, por exemplo, a cidade de Ushuaia, na Patagónia.”

LQ:

Aluno 4: “Péssima. Como o papel do ozono é “filtrar” a radiação solar nociva à vida humana, a destruição destas moléculas provoca um aquecimento da terra (alterações a nível climatérico) e, conseqüentemente, o degelo, cancros de pele, cataratas e vários outros problemas ambientais.”

A maioria dos alunos refere que a degradação da camada de ozono é má para nós porque o ozono nos protege da radiação ultravioleta que nos é nociva. No entanto, poucos alunos referem o cancro de pele e as cataratas como possíveis danos resultantes. Há um pequeno número de alunos que refere que a degradação da camada de ozono provoca o aquecimento global, estabelecendo assim esta relação entre estes dois fenómenos ambientais.

4.1.8 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono pode ser diminuído se eliminarmos a produção e libertação de CFCs para a atmosfera.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 4.11.

Categorias de Resposta		ES N=27	ESTLQ N=22	LQ N=23
C1	Diminuir a emissão de CFCs	13	6	19
C2	Diminuir o uso de sprays (aerossóis)	8	8	1
C3	Usar aparelhos de refrigeração (ar condicionado, frigoríficos) amigos do ozono	1	2	-
C4	Usar produtos amigos do ozono	2	-	-
C5	Diminuir a poluição	8	12	1
C6	Usar menos o automóvel	4	2	-
C7	Usar gasolina sem chumbo	-	1	-
C8	Não usar produtos tóxicos	1	-	-
C9	Reciclar	-	1	1
C10	Diminuir emissão de CO ₂	2	-	1
C11	Diminuir emissão de CO	2	-	1
C12	Não responde	-	1	-
C13	Outras respostas	1	2	2
TOTAL		42*	35*	26*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 4.11 - Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono

A maioria das respostas vai no sentido da diminuição da emissão dos CFCs (treze alunos ES, seis alunos ESTLQ e 19 alunos LQ, C1, quadro 4.11), do uso de sprays (oito alunos ES, oito alunos ESTLQ e um aluno LQ, C2, quadro 4.11), da utilização de aparelhos “amigos do ozono” (um aluno ES e dois alunos ESTLQ, C3, quadro 4.11) e de produtos “amigos do ozono” (dois alunos ES, C4, quadro 4.11).

Exemplos:

ES:

Aluno 4: “Produzindo menos CFC’s.”

Aluno 8: “evitar utilizar sprays e coisas do género.”

Aluno 11: “Segundo a publicidade, devemos utilizar poucos sprays já que prejudica o buraco do ozono mas nunca percebi porquê.”

Aluno 19: “Usar produtos com o carimbo “Amigo do Ozono”.”

Aluno 26: “Usar sistemas de refrigeração sem CFC’s ou pelo menos com um menor teor. Não usar aerossóis.”

ESTLQ:

Aluno 17: “Deixar de ‘enviar’ CFCs para a atmosfera, abolindo o uso de sprays que os contém, ...”

Aluno 18: “Passando a utilizar apenas sistemas de refrigeração amigos do ozono e deixando de utilizar latas de spray (cosméticos, etc.) que prejudiquem o ozono.”

LQ:

Aluno 1: “Diminuindo a emissão de CFC.”

Aluno 3: “Evitando libertar os CFCs e outros compostos que levam à destruição da camada.”

Aluno 6: “Impedindo o fabrico de produtos contendo CFC e outro tipo de produtos de limpezas que na atmosfera reagem com o O₃ destruindo-o.”

Aluno 16: “O processo é irreversível, o que podemos fazer é tentar com que ele não aumente. Uma vez destruído o ozono pelo cloro dos CFC’s, o processo não é reversível. E por cada átomo de cloro destroem-se milhares de moléculas de ozono. Não se pode diminuir, mas pode-se parar. Para tal parando com o uso dos CFC’s.”

A poluição de uma maneira geral, sem qualquer especificação, como forma de diminuir o ‘buraco’ do ozono é muito referida (C5, quadro 4.11). Estes resultados coincidem com os resultados apresentados por Potts et al (1996) e Boyes et al (1999) (C2, quadro 4.11). Boyes e Stanisstreet (1993) referem que os alunos têm conhecimento de um conjunto de atitudes amigas ou inimigas do ambiente que se podem tomar, mas não têm um conhecimento da relação directa causa/efeito o que parece transparecer das respostas dos alunos que referem a poluição como causa de todos os problemas.

Exemplos:

ES:

Aluno 3: “Tentar diminuir o nível de poluição; o que se está a conseguir; apesar de ser insuficiente.”

Aluno 10: “Evitar utilizar produtos do tipo ‘spray’. Evitar a poluição nas fábricas, automóveis.”

Aluno 13: “Diminuindo ou acabando com a poluição que provoca a sua destruição.”

ESTLQ:

Aluno 8: Diminuir os fumos de chaminés. Diminuir a poluição.”

LQ:

Aluno 2: “Diminuindo a poluição.”

Quatro alunos ES e dois alunos ESTLQ indicam que se deve reduzir a utilização dos automóveis (C6, quadro 4.11). Os mesmos resultados foram referidos por Boyes e Stanisstreet (1993) e por Potts et al (1996).

Exemplo:

ES:

Aluno 17: “De várias formas, uma delas era eliminar os sprays de lata de que tanto se fala, assim como fábricas e carros também.”

Um aluno ESTLQ considera que se deve utilizar gasolina sem chumbo (C7, quadro 4.11) para diminuir o “buraco” de ozono. Os mesmos resultados foram referidos por Boyes e Stanisstreet (1993).

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 11: “Controlar o “lançamento” dos produtos químicos na atmosfera, andar menos de automóvel ou pelo menos andar em automóveis com gasolina sem chumbo.”

Um aluno ES refere a não utilização de produtos tóxicos (C8, quadro 4.11), mas sem especificar.

Exemplo:

ES:

Aluno 20: “Não utilizando produtos tóxicos, evitar a poluição do ar. Usar produtos com o carimbo ‘Amigo da camada de ozono’.”

A reciclagem é mencionada por dois alunos (um aluno ESTLQ e um aluno LQ) (C9, quadro 4.11), como um processo de diminuir o “buraco” de ozono.

Exemplo:

ESTLQ:

Aluno 4: “Tentar poluir o menos possível o ambiente; reciclar o mais possível os “produtos”; evitar o uso de sprays; etc.”

Há alunos que indicam a diminuição da emissão do dióxido de carbono como forma de diminuir o “buraco” de ozono (C10, quadro 4.11), o que também se encontra referido por Boyes e Stanisstreet (1997) e por Potts et al (1996).

Exemplo:

ES:

Aluno 5: “Diminuir a emissão de CO₂, através dos transportes e da indústria.”

Outros alunos também referem a diminuição da emissão de monóxido de carbono (C11, quadro 4.11).

Exemplo:

ES:

Aluno 9: “Diminuindo a emissão de gases (monóxido de carbono ...) para a atmosfera.”

Embora só alguns alunos (treze alunos ES, seis alunos ESTLQ e dezanove alunos LQ) considerem que a forma de fazer diminuir o “buraco” de ozono é diminuindo a emissão de CFCs para a atmosfera, os alunos são capazes de referir outras medidas a tomar, tais como, a diminuição da utilização de sprays (aerossóis), e ainda a utilização de equipamentos e produtos “amigos do ozono”. No entanto, há alguns alunos que indicam a diminuição da emissão de dióxido de carbono e monóxido de carbono.

4.2 – Questionário fechado

As respostas dos alunos ao questionário fechado (tipo verdadeiro/falso) foram classificadas em três categorias: “correctas”, “erradas” e “não sabe” (se os alunos deixavam a resposta em branco). Os resultados apresentam-se no quadro 4.12.

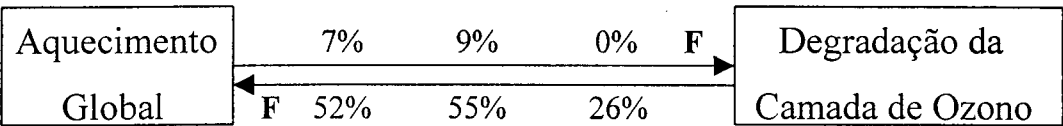
Da análise do quadro de resultados do questionário fechado foi possível tirar algumas conclusões que a seguir se apresentam de forma esquemática. Nesses esquemas a ordem por que aparecem as percentagens de respostas é sempre a mesma e refere-se à sequência relativa ao nível de ensino dos alunos, ou seja: **ES, ESTLQ e LQ**. Nesses esquemas é ainda indicado o valor lógico das proposições: verdadeiro – V, falso – F.

Afirmações	V/F	Respostas correctas			Respostas erradas			Não sabe		
		ES N=27 %	ESTLQ N=22 %	LQ N=23 %	ES N=27 %	ESTLQ N=22 %	LQ N=23 %	ES N=27 %	ESTLQ N=22 %	LQ N=23 %
1- O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono.	F	41	45	65	52	55	26	7	0	9
2- Se o aquecimento global aumentar, haverá alterações no clima mundial.	V	100	95	100	0	5	0	0	0	0
3- Se a degradação da camada de ozono continuar a aumentar, chegarão mais raios UV à Terra.	V	100	91	100	0	9	0	0	0	0
4- A degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global	F	89	77	100	7	9	0	4	14	0
5- A camada de ozono continuará a degradar-se se mais CO ₂ for lançado na atmosfera.	F	55	32	74	30	68	22	15	0	4
6- O Sol irradia energia na região do IV, visível e do UV até à Terra.	V	52	46	65	26	27	22	22	27	13
7- O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à Terra.	F	30	14	35	44	77	52	26	9	13
8- A Terra radia energia na região do visível e do UV.	F	33	50	43	22	14	22	45	36	35
9 - O aquecimento global aumentará se mais CFC's forem lançados na atmosfera.	V	56	68	43	33	32	48	11	0	9
10- O aquecimento global aumentará se mais CO ₂ for lançado na atmosfera.	V	67	86	87	15	9	9	18	5	4
11- A Terra radia energia na região do IV.	V	7	18	17	45	50	44	48	32	39
12- A degradação da camada de ozono aumentará se mais CFC's forem lançados na atmosfera.	V	96	95	100	0	5	0	4	0	0
13- O aquecimento global é devido à chegada de demasiados raios solares à Terra.	F	67	59	65	26	41	31	7	0	4
14- Se o aquecimento global aumentar mais pessoas sofrerão de cancro de pele.	F	56	41	70	33	45	26	11	14	4
15- O aquecimento global aumenta com o aumento de ozono perto do solo (troposfera).	V	7	14	17	67	32	61	26	54	22
16- O uso de gasolina sem chumbo atenua o aquecimento global.	F	22	27	44	74	59	39	4	14	17
17- Se o aquecimento global aumentar a Terra aquecerá.	V	93	82	96	7	4	0	0	14	4
18- O aquecimento global pode diminuir se se plantarem mais árvores no mundo.	V	59	64	65	22	18	22	19	18	13

Quadro 4.12 – Questionário fechado

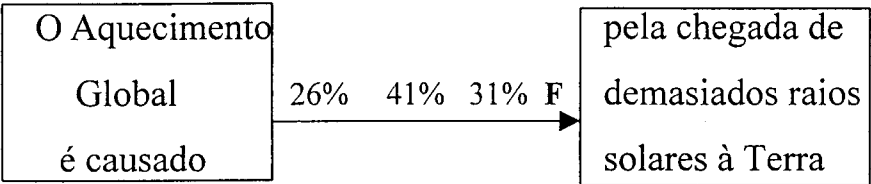
4.2.1 – Relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono

Alguns alunos estabelecem uma relação recíproca entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono. Estes alunos consideram que o Aquecimento Global provoca a Degradação da Camada de Ozono e que esta, por sua vez, provoca o Aquecimento Global (Afirmações 1 e 4, quadro 4.12).



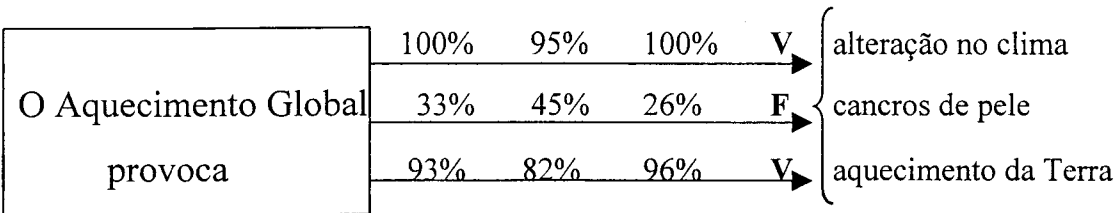
4.2.2 – O que causa o Aquecimento Global

Alguns alunos consideram que o Aquecimento Global é causado pela chegada de demasiados raios solares à Terra (Afirmação 13, quadro 4.12).



4.2.3 – Efeitos do Aquecimento Global

Todos os alunos ES e LQ e a maioria dos alunos ESTLQ consideram que o Aquecimento Global provoca alterações no clima. A maioria considera que o Aquecimento Global provoca o aquecimento da Terra e alguns alunos consideram que provoca câncros de pele (Afirmações 2, 14 e 17, quadro 4.12).



4.2.4 – O que faz aumentar o Aquecimento Global

A maioria dos alunos ES e ESTLQ e alguns alunos LQ consideram que o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento de CFCs na atmosfera. A maioria dos alunos considera que o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento do dióxido de carbono na atmosfera. Alguns alunos consideram que o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento de ozono na troposfera. A maioria dos alunos ESTLQ e LQ e cerca de metade dos alunos ES consideram que o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento de raios ultravioleta que chegam até à Terra (Afirmações 7, 9, 10 e 15, quadro 4.12).

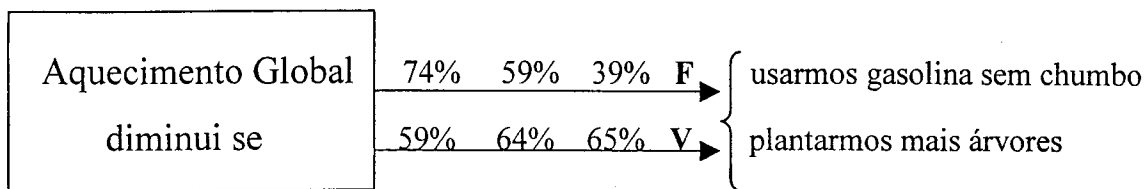
O Aquecimento Global aumenta devido ao aumento de	44%	77%	52%	F	raios UV que chegam à Terra
	56%	68%	43%	V	CFCs na atmosfera
	67%	86%	87%	V	CO ₂ na atmosfera
	7%	14%	17%	V	O ₃ na troposfera

A maioria dos alunos ESTLQ e alguns alunos ES e LQ não sabem se o Aquecimento Global aumenta com o aumento do ozono na troposfera (Afirmção 15, quadro 4.12) e alguns alunos não sabem se aumenta devido ao aumento de raios ultravioleta que chegam à Terra (Afirmção 7, quadro 4.12).

Não sabem se o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento de	26%	9%	13%	raios UV que chegam à Terra
	26%	54%	22%	ozono na troposfera

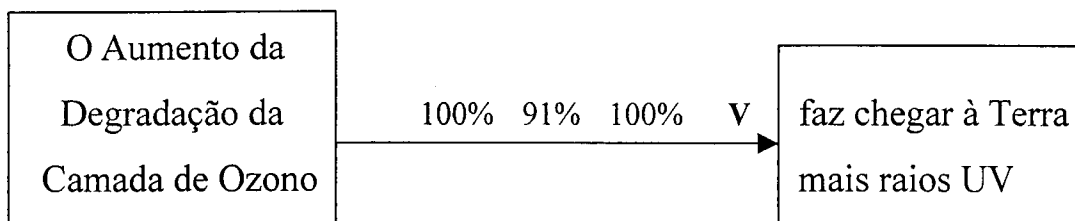
4.2.5 – O que faz diminuir o Aquecimento Global

A maioria dos alunos consideram que o Aquecimento Global diminui se plantarmos mais árvores. A maioria dos alunos ES e ESTLQ e alguns alunos LQ consideram que o Aquecimento Global diminui se usarmos gasolina sem chumbo (Afirmções 16 e 18, quadro 4.12).



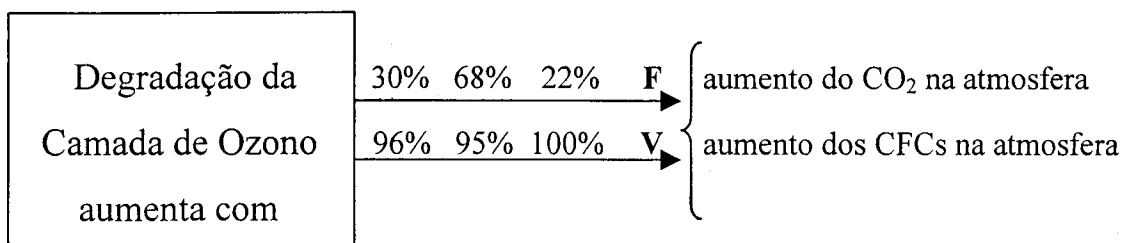
4.2.6 – Efeitos da Degradação da Camada de Ozono

Todos os alunos ES e LQ e a maioria dos alunos ESTLQ consideram que o aumento da Degradação da Camada de Ozono faz chegar mais raios ultravioleta à Terra (Afirmação 3, quadro 4.12).



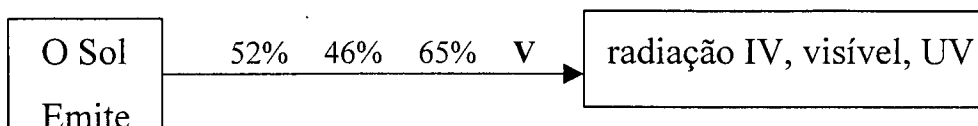
4.2.7 – O que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono

A maioria dos alunos ES e ESTLQ e cerca de metade dos alunos LQ consideram que a Degradação da Camada de Ozono aumenta com o aumento dos CFCs na atmosfera. A maioria dos alunos ESTLQ e alguns alunos ES e LQ consideram que a Degradação da Camada de Ozono aumenta com o aumento do dióxido de carbono na atmosfera (Afirmações 5 e 12, quadro 4.12).

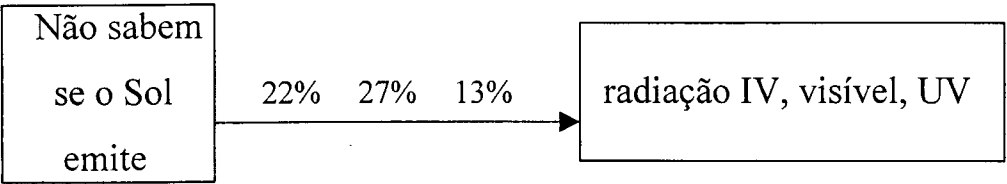


4.2.8 – Emissão de Radiação

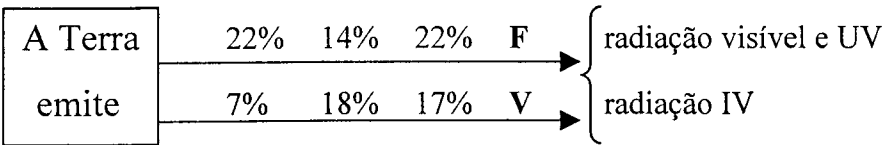
A maioria dos alunos ES e LQ e cerca de metade dos alunos ESTLQ consideram que o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (Afirmação 6, quadro 4.12).



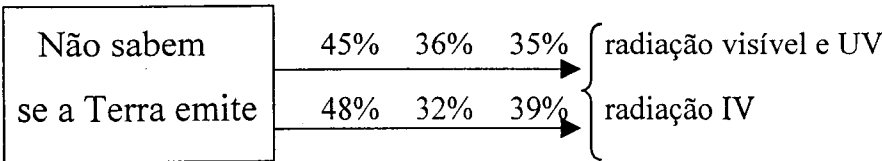
Alguns alunos não sabem se o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (Afirmação 6, quadro 4.12).



Alguns alunos consideram que a Terra emite radiação visível e ultravioleta. Alguns alunos consideram que a Terra emite radiação infravermelha (Afirmações 8 e 11, quadro 4.12).



Cerca de metade dos alunos ES e cerca de um terço dos alunos ESTLQ e LQ não sabem se a Terra emite radiação visível e ultravioleta. Cerca de metade dos alunos ES e cerca de um terço dos alunos ESTLQ e LQ não sabem se a Terra emite radiação infravermelha (Afirmações 8 e 11, quadro 4.12).



É de referir que mais alunos consideram que o aquecimento global aumenta devido aos raios ultravioleta que chegam à Terra do que aqueles que consideram que há uma correspondência entre o aquecimento global e a degradação da camada de ozono. De facto, na afirmação 1 do questionário fechado “O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono”, 52% dos alunos ES, 55% dos alunos ESTLQ e 26% dos alunos LQ consideram-na verdadeira enquanto que na afirmação 7 do mesmo questionário “O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à Terra”, 44% dos alunos ES, 77% dos alunos ESTLQ e 72% dos alunos LQ consideram-na verdadeira. Os resultados do questionário aberto/fechado, quadro 4.9, mostram que mais de 80% dos alunos dos vários níveis de ensino relacionam o ozono com as radiações ultravioleta. Isto parece indicar que a formulação das proposições influencia as respostas dos alunos.

CAPÍTULO 5

FASE I - CONCLUSÕES

As principais conclusões retiradas na Fase I estão organizadas em função dos temas: Efeito de Estufa, Aquecimento Global e Degradação da Camada de Ozono. Para cada um destes temas são apresentadas as ideias identificadas de mais relevantes e ainda a sua frequência na amostra.

Relembra-se que a amostra corresponde a 27 alunos ES, 22 alunos ESTLQ e 23 alunos LQ.

5.1 - Acerca do Efeito de Estufa

- o efeito de estufa corresponde ao aquecimento global ou a um sobreaquecimento da Terra e não a algo que existe naturalmente e que torna possível a vida na Terra (52% ES, 27% ESTLQ e 43% LQ);
- o efeito de estufa é um fenómeno natural responsável por manter o globo terrestre ameno (9% ESTLQ e 4% LQ);
- o efeito de estufa está relacionado com um aumento da temperatura (30% dos alunos ES, 55% ESTLQ e 52% LQ);
- o efeito de estufa é devido à acumulação de gases na atmosfera (19% ES, 9% ESTLQ e 26% LQ);
- o efeito de estufa é devido ao dióxido de carbono (7% ES, 9% ESTLQ e 13% LQ);
- referência a radiações envolvidas neste fenómeno (27% ESTLQ e 17% LQ);
- o efeito de estufa é devido à destruição da camada de ozono (7%, ES e 9% ESTLQ);
- o efeito de estufa leva à destruição da camada de ozono (4% ES e 5% ESTLQ);
- o efeito de estufa é a causa das chuvas ácidas (4% ES);
- referência ao papel dos gases de estufa associado ao reenvio de radiação para a Terra (5% ESTLQ);
- o efeito de estufa é bom para nós porque mantém a temperatura adequada à existência de vida (4% ES, 18% ESTLQ e 13% LQ);

- o efeito de estufa é bom porque mantém a temperatura adequada à existência de vida mas o seu agravamento é mau pois pode provocar o aquecimento global (5% ESTLQ);
- o efeito de estufa é mau para nós porque provoca um aumento da temperatura, alterações climáticas, alterações nas culturas e colheitas, degelo de calotes polares, secas e inundações, etc., ou seja, provoca os problemas associados ao aquecimento global (70% ES, 68% ESTLQ e 87% LQ);
- o efeito de estufa é mau para nós porque pode provocar cancro (5% ESTLQ);
- o efeito de estufa é mau para nós porque provoca o aumento da poluição (4% ES e 5% ESTLQ).

5.2 - Acerca do que causa o Efeito de Estufa

- a poluição em geral (incluindo gases como CFCs, monóxido de carbono, dióxido de azoto, monóxido de azoto, metano e o aumento da concentração de dióxido de carbono) (44% ES, 50% ESTLQ e 52% LQ);
- o aumento de dióxido de carbono (11% ES, 9% ESTLQ e 43%);
- o dióxido de carbono e o vapor de água (14% ESTLQ e 9% LQ)
- as “chuvas ácidas” (5% ESTLQ);
- a degradação da camada de ozono (15% ES, 14% ESTLQ e 9% LQ);
- as radiações, não sendo especificadas quais (5% ESTLQ e 4% LQ).

5.3 - Acerca do que pode diminuir a extensão do Efeito de Estufa

- a redução da poluição atmosférica em geral (41% ES, 59% ESTLQ e 78%LQ);
- a redução das emissões de dióxido de carbono (15% ES, 5% ESTLQ e 13% LQ);
- a diminuição do abate de florestas ou a plantação de mais árvores (7% ES, 5% ESTLQ e 4% LQ);
- a preservação da camada de ozono (9% ESTLQ);
- a eliminação da emissão de CFCs (22% ES);
- a utilização de fontes de energia alternativas (4% ES, 14% ESTLQ e 9% LQ).

5.4 - Acerca do que causa o Aquecimento Global

- o aquecimento global é causado pela chegada de demasiados raios solares à Terra (26% ES, 41% ESTLQ e 31% LQ).

5.5 - Acerca dos efeitos do Aquecimento Global

- o aumento do aquecimento global alterará o clima mundial (100% ES, 95% ESTLQ e 100% LQ);
- o aquecimento global provoca cancro de pele (33% ES, 45% ESTLQ e 26% LQ);
- a Terra aquecerá se o aquecimento global aumentar (93% ES, 82% ESTLQ e 96% LQ).

5.6 - Acerca do que faz aumentar o Aquecimento Global

- o aquecimento global aumentará se mais raios ultravioleta chegarem à Terra (44% ES, 77% ESTLQ e 52% LQ);
- não sabem se o aquecimento global aumentará se mais raios ultravioleta chegarem à Terra (26% ES, 9% ESTLQ e 13% LQ);
- o aquecimento global aumenta devido ao aumento de CFCs na atmosfera (56% ES, 68% ESTLQ e 43% LQ);
- o aquecimento global aumenta se for lançado mais CO₂ na atmosfera (67% ES, 86% ESTLQ e 87% LQ);
- o aquecimento global aumenta com o aumento de ozono na troposfera (7% ES, 14% ESTLQ e 17% LQ);
- não sabem se o aquecimento global aumenta com o aumento de ozono na troposfera (26% ES, 54% ESTLQ e 22% LQ).

5.7 - Acerca do que faz diminuir o Aquecimento Global

- o uso de gasolinas sem chumbo atenua o aquecimento global (74% ES, 59% ESTLQ e 39% LQ);
- o aquecimento global diminui se se plantarem mais árvores no mundo (59% ES, 64% ESTLQ e 65% LQ).

5.8 - Acerca da Degradação da Camada de Ozono

- o “buraco” de ozono é uma diminuição da camada de ozono (41% ES, 23% ESTLQ e 91% LQ);
- o “buraco” de ozono é um buraco na camada de ozono (52% ES, 64% ESTLQ e 9% LQ);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque o ozono protege-nos das radiações ultravioleta nocivas (85% ES, 82% ESTLQ e 87% LQ);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque o ozono protege-nos das radiações infravermelha nocivas (13% LQ);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque deixa entrar radiações mas não as deixa sair (5% ESTLQ);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque provoca o aquecimento global (22% ES, 14% ESTLQ e 22% LQ);
- o “buraco” de ozono prejudica a saúde (33% ES, 45% ESTLQ e 26% LQ);
- o “buraco” de ozono prejudica a vida na Terra (7% ES, 14% ESTLQ e 13% LQ);
- o “buraco” de ozono prejudica a pele (15% ES e 9% ESTLQ);
- o “buraco” de ozono prejudica as plantas (4% ES e 5% ESTLQ);
- o “buraco” de ozono prejudica o ambiente em geral (14% ESTLQ e 4% LQ);
- o “buraco” de ozono provoca o cancro (sem especificarem de que tipo) (4% ES, 5% ESTLQ e 9% LQ);
- o “buraco” de ozono provoca o cancro da pele (11% ES, 5% ESTLQ e 30% LQ);
- o “buraco” de ozono provoca cataratas (5% ESTLQ e 4% LQ);
- o “buraco” de ozono provoca alterações climáticas (7% ES e 9% LQ).

5.9 - Acerca do que causa a Degradação da Camada de Ozono

- os CFCs, sem mais nenhuma explicação (56% ES, 45% ESTLQ e 43% LQ);
- a poluição em geral (33% ES e 59% ESTLQ);
- gases, sem especificarem quais (19% ES, 23% ESTLQ e 13% LQ);
- o uso de desodorizantes, de sprays e de frigoríficos (sem referirem os CFCs) (7% ES, 9% ESTLQ e 4% LQ);
- os gases libertados pelos escapes dos automóveis (5% ESTLQ e 4% LQ);
- as chuvas ácidas (5% ESTLQ);

- o dióxido de carbono (11% ES);
- a reacção do ozono com o dióxido de carbono (4% ES);
- a reacção do ozono com os CFCs (5% ESTLQ e 26% LQ);
- a reacção do ozono com átomos de cloro (mas sem indicarem a sua proveniência) (9% LQ).

5.10 - Acerca do que pode diminuir a Degradação da Camada de Ozono

- a diminuição da emissão de CFCs (48% ES, 27% ESTLQ e 83% LQ);
- a diminuição do uso de sprays (30% ES, 36% ESTLQ e 4% LQ);
- a utilização de aparelhos e produtos “amigos do ozono” (11% ES e 9% ESTLQ);
- a diminuição da poluição de uma maneira geral, mas sem qualquer especificação (30% ES, 55% ESTLQ e 4% LQ);
- a redução da utilização dos automóveis (15% ES e 9% ESTLQ);
- a utilização de gasolina sem chumbo (5% ESTLQ);
- a diminuição da emissão do dióxido de carbono (7% ES e 4% LQ);
- a não utilização de produtos tóxicos, mas sem especificação (4% ES);
- a diminuição da emissão de monóxido de carbono (7% ES e 4% LQ).

5.11 - Acerca dos efeitos da Degradação da Camada de Ozono

- o aumento da degradação da camada de ozono faz chegar mais raios ultravioleta à Terra (100% ES, 91% ESTLQ e 100% LQ).

5.12 - Acerca do que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono

- a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento de dióxido de carbono na atmosfera (30% ES, 68% ESTLQ e 22% LQ);
- a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento dos CFCs na atmosfera (96% ES, 95% ESTLQ e 100% LQ).

5.13 - Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono

- a degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global (7% ES e 9% ESTLQ);
- a degradação da camada de ozono provoca o aquecimento global (52% ES, 55% ESTLQ e 26% LQ).

5.14 - Acerca da emissão de radiação

- o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (52% ES, 46% ESTLQ e 65% LQ);
- não sabem se o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (22% ES, 27% ESTLQ e 13% LQ);
- a Terra emite radiação visível e ultravioleta (22% ES, 14% ESTLQ e 22% LQ);
- não sabem se a Terra emite radiação visível e ultravioleta (45% ES, 36% ESTLQ e 35% LQ);
- a Terra emite radiação infravermelha (7% ES, 18% ESTLQ e 17% LQ);
- não sabem se a Terra emite radiação infravermelha (48% ES, 32% ESTLQ e 39% LQ).

5.15 – Conclusão

Este estudo permitiu identificar um conjunto de ideias alternativas semelhantes às encontradas noutros estudos com alunos mais novos.

Permitiu ainda identificar que os alunos apresentavam um conhecimento genérico acerca dos fenómenos ambientais inferior ao que seria de esperar para o nível do 12º ano. Tal pode ficar a dever-se ao facto de em Portugal este assunto não ser abordado de uma forma sistemática nos programas dos diferentes níveis de ensino e nas diversas disciplinas pelo que, não raras vezes, os conhecimentos dos alunos sobre estes fenómenos são quase inteiramente provenientes da informação, nem sempre correcta, encontrada nos *media*. Então, será importante, devido à acessibilidade da informação proveniente dos *media*, que estes fenómenos sejam desde cedo ensinados nas escolas (Boyes et al, 1993; Francis et al, 1993).

CAPÍTULO 6

FASE II - METODOLOGIA

6.1 – Objectivos

Definiram-se como objectivos desta fase os seguintes:

- testar uma metodologia para o ensino do Aquecimento Global, do Efeito de Estufa e da Degradação da Camada de Ozono procurando melhorar a aprendizagem dos alunos sobre estes temas;

6.2 – Amostra

Nível de ensino	N	Idade
12º ano a frequentar TLQ III (ESTLQ)	23	17-18

Quadro 6.1 – Amostra

No que se refere ao primeiro objectivo desta fase do estudo em que se pretendia testar uma metodologia na sala de aula no ensino destes temas e porque esses conteúdos fazem parte da disciplina de TLQ III, seleccionou-se como amostra uma turma de 12º ano do ensino secundário a frequentar a disciplina, tendo como professora a autora deste estudo.

Os alunos envolvidos faziam parte de uma turma que funcionava em dois turnos separados – 1º turno: 13 alunos e 2º turno: 10 alunos.

6.3 – Selecção e descrição da metodologia usada

Na Fase II do presente estudo, optou-se pela técnica de Investigação-Acção. Segundo Altrichter et al, 1993 (p. 4), a investigação-acção é o estudo de uma situação com vista ao melhoramento da qualidade da acção dentro dela, ou seja, no caso deste estudo, a investigação-acção consiste na vontade de melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem tendo em conta as condições em que os professores e os alunos trabalham nas escolas. Nesta

técnica, o professor reflecte sobre os problemas e procura soluções para melhorar, experimenta novas ideias e estratégias em vez de deixar a sua prática estagnar e partilha estas experiências.

As características desta técnica são, segundo Altrichter et al, (1993):

- a investigação-acção é levada a cabo pelas pessoas directamente envolvidas na situação que está a ser investigada, ou seja, na sala de aula são os professores que levam a cabo essa investigação;
- a investigação-acção começa a partir de questões práticas que se levantam no trabalho educacional do dia a dia;
- a investigação-acção tem de ser compatível com os valores educacionais da escola e com as condições de trabalho dos professores;
- a investigação-acção oferece um repertório de métodos e estratégias simples para a pesquisa e desenvolvimento da prática de ensino;
- a investigação-acção não se distingue por métodos ou técnicas específicas, mas antes, caracteriza-se por um esforço contínuo de interligar intimamente, relacionar e confrontar a acção e a reflexão, reflectir sobre o que fazemos consciente e inconscientemente no sentido de melhorar as nossas próprias acções, e actuar reflectidamente para assim desenvolver o próprio conhecimento;
- cada projecto de investigação-acção tem características que lhe são próprias, o que não é compatível com um modelo elaborado passo por passo. No entanto, há 4 etapas principais que se podem encontrar em qualquer processo de investigação-acção:
 - A – Encontrar o ponto de partida
 - B – Clarificar a situação
 - C – Desenvolver estratégias de acção, pô-las em prática e reflectir ao longo de todo o processo
 - D – Tornar público o conhecimento do professor.

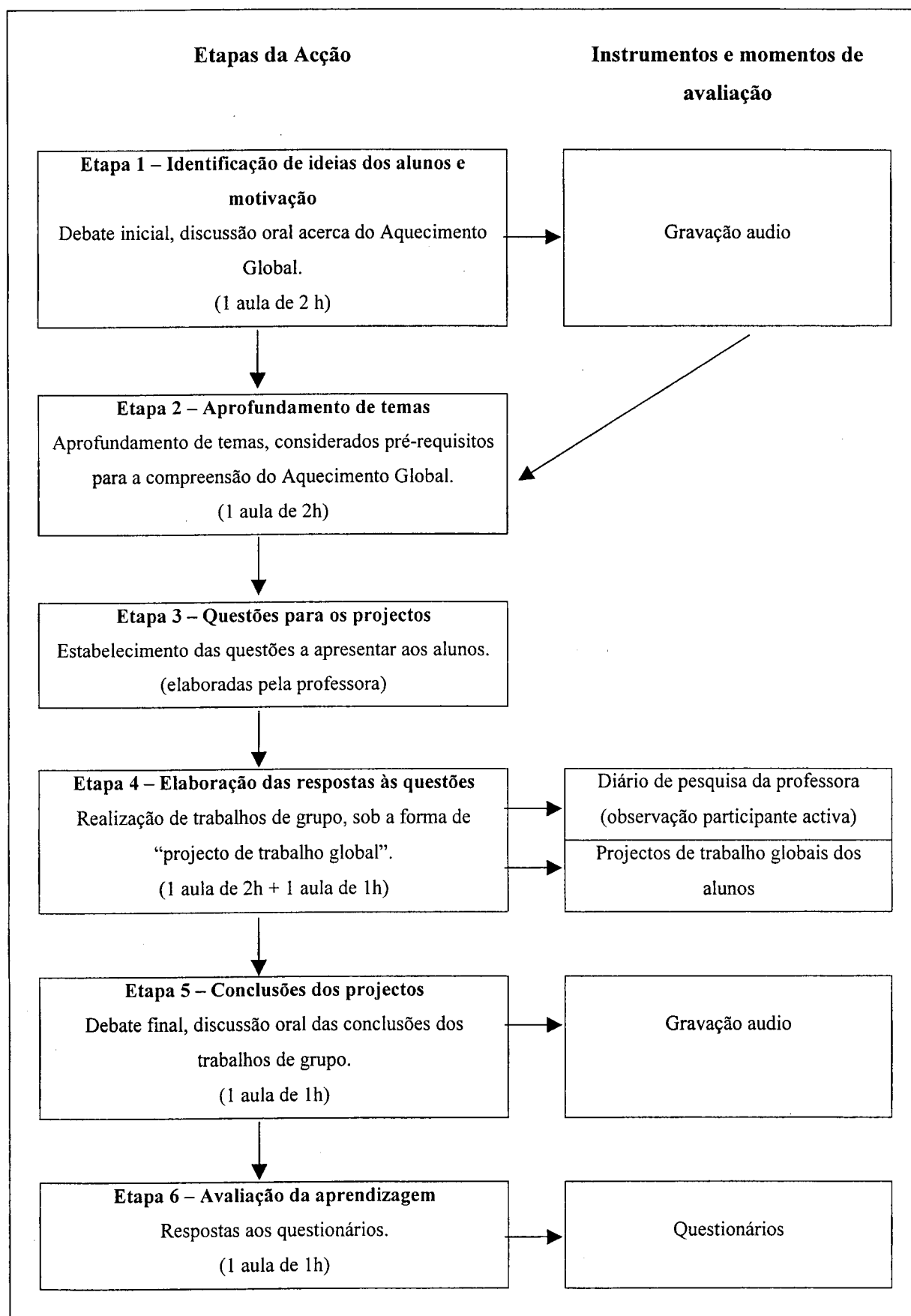
Esta técnica foi escolhida para a Fase II deste estudo atendendo aos objectivos expressos para esta fase e considerando que as características desta técnica, expostas acima, se adaptavam às situações que o estudo envolvia.

Como ponto de partida tomou-se o objectivo de melhorar a aprendizagem dos alunos sobre os temas Aquecimento Global, Efeito de Estufa e Degradação da Camada de Ozono.

A estratégia de acção adoptada desenvolveu-se em seis etapas conforme se representa no quadro 6.2.

Etapa 1 – Identificação de ideias dos alunos e motivação

Nesta etapa pretendia-se conhecer algumas das ideias dos alunos acerca do tema em estudo antes do ensino do mesmo, motivar os alunos para o tema e levá-los a reconhecer e a reflectir sobre as suas ideias através do confronto com as ideias dos colegas. Para isso promoveu-se um debate, alargado a toda a turma (1º e 2º turnos em conjunto) numa aula de 2 horas. Os alunos e a professora/investigadora, sentaram-se à volta de uma mesa com um microfone no centro da mesa. Foram estabelecidas regras de conduta a ter durante a realização do debate, ficando desde logo estabelecido que todos tinham o direito de manifestar as suas opiniões e ninguém tinha o direito de criticar negativamente ou ridicularizar os outros, dissipando assim qualquer medo de exposição ao ridículo que alguns alunos pudessem ter, o que inibiria eventuais intervenções. Foi lançado como tema para discussão, pela professora/investigadora, “O Aquecimento Global” tendo sido pedido aos alunos que dissessem o que pensavam sobre isso. O debate decorreu com respeito pelas regras referidas, tendo sido muito participado, envolvendo pluralidade e discussão de ideias. Solomon (1991) considera que a observação daquilo que se passa em discussões na sala de aula constitui uma boa maneira de identificar ideias alternativas dos alunos sobre um tema em particular, ao que não é alheia a ideia de que a aprendizagem é algo de complexo em que a componente social é importante. A gravação audio do debate permitiu o registo, não filtrado, dos diálogos captados pelo microfone, obtendo-se assim o registo do discurso a ser posteriormente analisado (Lessard-Hérbert et al, 1990). Deste modo foi possível diagnosticar ideias destes alunos sobre o tema em estudo, antes do ensino do mesmo. Este debate inicial revelou-se de particular importância pois funcionou como grande motivador para as actividades seguintes, pois os alunos ficaram empolgados para saber se o que tinham dito estava certo ou errado.



Quadro 6.2 – Etapas da acção, instrumentos e momentos de avaliação

Etapa 2 – Aprofundamento de temas

Foi realizada a audição da gravação do debate inicial pela professora/investigadora para identificar as ideias dos alunos sobre o tema em estudo. Como resultado desta audição revelou-se necessário aprofundar na sala de aula, antes dos alunos passarem aos trabalhos de grupo, os temas:

- Estrutura da atmosfera;
- Difusão dos gases na atmosfera;
- Movimentação do ar no globo terrestre;
- Magnetismo terrestre.

Estes temas foram aprofundados numa aula de 2 horas para cada turno. A professora/investigadora discutiu com os alunos estes temas utilizando por vezes figuras e esquemas.

Etapa 3 – Questões para os projectos

A reflexão da professora/investigadora sobre as ideias dos alunos encontradas no debate levou ao estabelecimento de questões consideradas pertinentes para a compreensão dos fenómenos em estudo e que seriam apresentadas aos alunos.

Foram formulados quatro conjuntos de sete questões que se encontram no quadro 6.3. As duas primeiras questões eram comuns a todos os conjuntos de questões. A opção pela inclusão destas duas questões comuns a todos os conjuntos teve por base considerar a importância da compreensão prévia das radiações emitidas pelo Sol e pela Terra o que levaria a uma melhor e mais facilitada compreensão dos fenómenos do aquecimento global e da degradação da camada de ozono (Koulaidis e Christidou, 1999). As restantes cinco questões eram diferentes para cada conjunto, sendo as questões do primeiro conjunto principalmente sobre o efeito de estufa, do segundo conjunto principalmente sobre o aquecimento global e dos outros conjuntos principalmente sobre a camada de ozono.

Conjunto 1

- 1 – Quais são as principais radiações electromagnéticas constituintes da radiação solar?
- 2 – Que tipo de radiação é que a Terra emite?
- 3 – O que é o efeito de estufa?
- 4 – Quais são os principais gases responsáveis pelo efeito de estufa?
- 5 – O ozono na troposfera influencia de algum modo o efeito de estufa?
- 6 – Seria bom para nós eliminar o CO₂ da atmosfera?
- 7 – O efeito de estufa e o aquecimento global, são a mesma coisa?

Conjunto 2

- 1 – Quais são as principais radiações electromagnéticas constituintes da radiação solar?
- 2 – Que tipo de radiação é que a Terra emite?
- 3 – O que é aquecimento global?
- 4 – Aquecimento global e efeito de estufa são a mesma coisa?
- 5 – A utilização de gasolinas sem chumbo ajuda a diminuir o aquecimento global?
- 6 – Quais são as consequências possíveis do aquecimento global?
- 7 – Que medidas se podem tomar para diminuir o aquecimento global?

Conjunto 3

- 1 – Quais são as principais radiações electromagnéticas constituintes da radiação solar?
- 2 – Que tipo de radiação é que a Terra emite?
- 3 – O que é a camada de ozono e onde se situa?
- 4 – Qual é a interacção da camada de ozono com as radiações solares?
- 5 – O que provocou o aparecimento de “buracos” na camada de ozono?
- 6 – Onde se situam os “buracos” na camada de ozono? Porquê?
- 7 – Os “buracos” na camada de ozono agravam o efeito de estufa?

Conjunto 4

- 1 – Quais são as principais radiações electromagnéticas constituintes da radiação solar?
- 2 – Que tipo de radiação é que a Terra emite?
- 3 – Que tipo de radiação é que o ozono absorve?
- 4 – Os CFCs degradam a camada de ozono? Porquê?
- 5 – Os CFCs são gases que contribuem para o aumento do efeito de estufa? Porquê?
- 6 – Quais as consequências da degradação da camada de ozono?
- 7 – Os protectores solares protegem-nos de algum efeito resultante da degradação da camada de ozono? Porquê?

Quadro 6.3 – Questões para os “projectos de trabalho globais”

Etapa 4 - Elaboração das respostas às questões

(Realização dos “projectos de trabalho globais”)

Nesta etapa os alunos, organizados em grupos de trabalho deveriam responder às questões formuladas na etapa anterior. A cada grupo foi distribuído um conjunto de questões (quadro 6.3).

A turma estava dividida em dois turnos que funcionaram separadamente. Em cada turno foram constituídos quatro grupos de trabalho com a seguinte composição:

Turno	Nº de alunos	Grupos	Nº de alunos
1º	13	G1	3
		G2	3
		G3	3
		G4	4
2º	10	G1	3
		G2	2
		G3	3
		G4	2

Quadro 6.4 – Composição dos grupos de trabalho

Os grupos não foram formados especialmente para este estudo, mas consideraram-se os grupos que já existiam e que tinham sido formados no início do ano lectivo. A formação dos grupos costuma ocorrer nessa altura, e são os alunos que escolhem os colegas com quem querem trabalhar. Tem sido este o hábito na escola e procura-se que os alunos se sintam confortáveis dentro do grupo.

Foram fornecidos a todos os grupos de alunos um conjunto de materiais, seleccionados pela professora/investigadora, para os ajudar a responder às questões. Estes materiais foram seleccionados de acordo com os seguintes critérios: em língua portuguesa e quando em língua inglesa de leitura fácil, com um nível de informação passível de ser compreendida por alunos deste nível de escolaridade, e de várias origens para diversificar a familiarização com diferentes fontes de informação (Anexo 5).

Foram disponibilizadas duas aulas, uma de 2 horas e uma de 1 hora, para os alunos, em grupo, responderam às sete questões formuladas, utilizando a informação que lhes foi fornecida.

Os alunos do 1º turno realizaram todo o trabalho na sala de aula, permanentemente acompanhados pela professora/investigadora que lhes esclareceu todas as dúvidas que colocaram.

O 2º turno não utilizou as horas de aula disponibilizadas para a realização dos trabalhos, pois nessas horas os alunos tinham decretado greve na escola, tendo realizado o projecto fora da sala de aula, em grupo, utilizando os mesmos materiais do 1º turno como fontes de informação, mas sem a presença da professora/investigadora.

A professora/investigadora registou num diário, durante a aula, em momentos em que os alunos estavam envolvidos em trabalho independente, notas sobre aspectos considerados relevantes que se referiam ao tipo de questões colocadas pelos alunos, explicações dadas pela professora/investigadora e reflexões da professora/investigadora sobre a aprendizagem dos alunos.

Todos os grupos responderam aos conjuntos de questões que lhes foram fornecidas.

Os trabalhos de grupo foram orientados com base na metodologia de “projecto de trabalho global” Zabala (1998). Esta metodologia dá importância ao aprender a aprender e envolve o aluno na sua própria aprendizagem.

Esta metodologia permite:

- abordar o conteúdo estabelecido pelo professor a partir do diálogo que se estabelece entre o professor e os alunos através da busca de resposta às questões e dúvidas levantadas;
- promover contextos de trabalho em que os alunos podem seleccionar a informação, compreendê-la e relacioná-la através de diferentes situações para a converterem em conhecimento;
- contribuir para uma globalização, segundo a qual as relações entre as fontes de informação e os procedimentos para a compreender e utilizar têm que ser estabelecidas pelos alunos e não pelos professores;
- promover um elevado nível de envolvimento do grupo/classe, na medida em que todos estão a aprender e a partilhar o que aprendem, deixando assim de ser o professor o único responsável pela actividade que se realiza na aula;
- contribuir para o reconhecimento das diferentes possibilidades e interesses dos alunos na aula, pelo que nenhum aluno se desligará do que o rodeia e todos terão um lugar para participar na aprendizagem.

Os princípios orientadores da revisão curricular que se aproxima, também contribuíram para a opção pelo trabalho de projecto como metodologia a adoptar nesta fase do estudo. Nesses princípios, os planos de estudo dos cursos gerais e tecnológicos incluem uma área curricular denominada Área de Projecto e Projecto Tecnológico, respectivamente, que apesar de terem especificidades próprias em cada um dos percursos educativos e formativos, têm uma concepção baseada num conjunto de orientações comuns. Assim, a Área de Projecto/Projecto Tecnológico tem “uma natureza interdisciplinar e transdisciplinar, e visa a realização de projectos concretos por parte dos alunos, com o fim de desenvolver nestes uma visão integradora do saber, promover a sua orientação escolar e profissional e facilitar a sua aproximação ao mundo do trabalho”. Esta é, então, “uma área em que os alunos deverão mobilizar e integrar competências desenvolvidas no âmbito das diferentes disciplinas do seu plano de estudos para resolverem problemas, para estudarem e compreenderem fenómenos do mundo que os rodeia”. Tal como se indica ainda nessas orientações, “estes produtos deverão, preferencialmente, ser concebidos e desenvolvidos por pequenos grupos de alunos e a metodologia utilizada a do trabalho de projecto”.

Durante a fase de desenvolvimento do trabalho dos grupos na sala de aula, o registo dos acontecimentos foi feito pela professora/investigadora num diário, após os acontecimentos terem tido lugar (observação participante activa). Esse registo foi realizado com base nas indicações sugeridas para o efeito por Altrichter et al (1993), com o intuito de ser possível corrigir comportamentos e atitudes do professor face ao processo interactivo desenrolado na sala de aula, segundo os métodos de investigação-acção. Segundo Lessard-Herbert et al (1990, p. 155) na observação participante é o próprio professor o instrumento principal da observação e esta, tem por objectivo recolher dados (sobre acções, opiniões ou perspectivas) aos quais um observador exterior não teria acesso.

Etapa 5 – Conclusões dos projectos

Terminados os projectos de trabalho globais, foi realizado um debate final, numa aula de 1 hora, gravado em suporte audio, alargado a toda a turma (1º e 2º turnos em conjunto). Antes do início recordaram-se as regras de conduta já adoptadas para a realização do debate inicial. Uma vez que cada grupo havia trabalhado questões diferentes que lhes haviam sido propostas, esta fase foi considerada importante pois constituiria o momento em que os alunos poderiam discutir diferentes aspectos do mesmo tema. Além disso seria um momento de confrontação de diferentes percepções sobre estas temáticas, através da discussão oral. A

fundamentação por esta opção é em tudo similar à apresentada para a escolha da realização do debate inicial. Este debate também foi gravado em suporte audio para poder ser posteriormente analisado e servir de auxiliar às conclusões a elaborar sobre a eficácia da metodologia de ensino adoptada. Neste debate a professora/investigadora foi colocando as questões fornecidas aos grupos para responderem, uma a uma. Os alunos foram respondendo envolvendo-se em debate uns com os outros, o que permitiu esclarecer algumas dúvidas ainda remanescentes e esclarecer algumas respostas dadas nos trabalhos de grupo que não se encontravam correctas.

Etapa 6 – Avaliação da aprendizagem

Como forma de conhecer a eficácia desta metodologia na aprendizagem dos alunos envolvidos, foram apresentados aos alunos os questionários referidos na Fase I do presente estudo (Anexos 3 e 4). Desta forma foi também possível estabelecer comparações entre as ideias dos alunos das Fases I e II.

É importante ter em consideração que estes alunos tiveram um único contacto com os questionários. Não foram apresentados no início, para o diagnóstico das ideias dos alunos sobre este tema, para impedir que as respostas dos alunos, no final da Fase II, fossem influenciadas pelo facto deles já os conhecerem.

6.4 – Selecção e descrição da metodologia para a análise dos dados

Nesta fase existiram cinco momentos de recolha de dados a serem posteriormente analisados: os dois debates gravados em suporte audio; o diário de pesquisa da professora/investigadora; os projectos de trabalho globais realizados pelos alunos; e as respostas aos questionários aberto/fechado e fechado.

A forma de proceder à análise dos dois debates gravados foi semelhante e foi realizada, de acordo com as sugestões de Altrichter et al, 1993:

- 1 – Audição de toda a gravação para se ficar com uma ideia geral.
- 2 – Segunda audição tomando breves notas da estrutura: dar a cada cena individual ou fase do debate uma designação anotando o número correspondente do contador de fita de forma a poder rapidamente reencontrar as passagens.
- 3 – Com base nestas notas, seleccionar as secções importantes e relevantes para a pesquisa em questão e transcrevê-las na totalidade.

Os dois primeiros passos estruturaram o trabalho e viabilizaram escolhas significativas a tomar acerca da melhor forma de reduzir o esforço despendido na transcrição.

O passo 3 resultou em transcrições que foram analisadas de acordo com a metodologia descrita em 3.4 (capítulo 3). Esta metodologia permitiu identificar as ideias apresentadas pelos alunos durante o debate.

O diário de pesquisa da professora/investigadora foi lido e analisado de forma a retirarem-se, das anotações feitas, as ideias que os alunos apresentavam durante a fase de desenvolvimento dos “projectos de trabalho globais”.

Os “projectos de trabalho globais” realizados pelos alunos, foram recolhidos, no final do tempo destinado a essa realização, pela professora/investigadora. Após a leitura das respostas dos alunos dadas às questões apresentadas, a professora/investigadora procedeu à sua classificação de acordo com os seguintes critérios:

- uma resposta incorrecta: penalização de 7 valores em 20,
- uma resposta com uma explicação parcialmente correcta: penalização de 6 valores em 20,
- respostas sem erros mas incompletas: penalização de 5, 4 e 3 valores em 20 de acordo com a extensão de aspectos não focados.

A metodologia usada na análise das respostas aos questionários aberto/fechado e fechado foi a usada na Fase I (capítulo 3).

CAPÍTULO 7

FASE II - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta fase do estudo pretendeu-se testar uma metodologia para o ensino do Aquecimento Global com um pequeno grupo de alunos do 12º ano do Ensino Secundário da Escola Secundária da Maia, pertencentes ao Agrupamento I, Área Científica e Natural e a frequentarem a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química bloco III (TLQ III), em cujo programa se inclui o ensino formal do aquecimento global a par de outros temas relacionados com os problemas ambientais actuais, entre eles a degradação da camada de ozono.

7.1 – Debate Inicial

A análise da gravação do debate inicial permitiu identificar algumas ideias apresentadas pelos alunos acerca de vários tópicos relevantes para o tema em estudo. Apresentam-se em seguida as dificuldades apresentadas pelos alunos relativas a cada um desses tópicos.

7.1.1 – Acerca da atmosfera

- desconhecem a estrutura da atmosfera e consideram que os gases mais pesados se encontram na troposfera (estes resultados indicam dificuldades na compreensão da difusão dos gases na atmosfera - resultados semelhantes foram apresentados por Koulaidis e Christidou, 1999);
- desconhecem a forma de movimentação do ar no globo terrestre.

7.1.2. – Acerca do que causa o Aquecimento Global

- o aquecimento global deve-se à radiação ultravioleta que entra pelo buraco do ozono e que é reflectida pela terra na forma de radiação infravermelha, ou seja, o aquecimento global deve-se ao buraco do ozono que o agrava (resultados

semelhantes foram apresentados por Andersson e Wallin, 2000, Boyes e Stanisstreet, 1997, Boyes et al 1999; Francis et al (1993) e Rye et al (1997);

- os CFCs não influenciam directamente o aquecimento global, só indirectamente já que provocam a degradação da camada de ozono e esta agrava o efeito de estufa;
- não deve ser fácil existir ozono na troposfera mas se existir não nos é prejudicial
- o ozono na troposfera não é identificado como um gás de estufa.

7.1.3 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global

- o aquecimento global pode provocar indirectamente o cancro de pele por concentração de radiações já existentes perto do solo.

7.1.4 – Acerca do que diminui o Aquecimento Global

- usar gasolina sem chumbo ajuda a diminuir o aquecimento global (resultados semelhantes foram apresentados por Boyes e Stanisstreet, 1993 e Francis et al, 1993).

7.1.5 – Acerca do “buraco” de ozono

- há um buraco na camada de ozono no Pólo Norte por causa da maior industrialização do Hemisfério Norte e do magnetismo;
- no Pólo Sul não há buraco na camada de ozono;
- não sabem onde se localiza a camada de ozono na atmosfera;
- os CFCs são gases muito instáveis e muito leves e por isso é que chegam à camada de ozono e reagem;
- os CFCs são leves e por isso é que são usados como gases propulsores.

7.1.6 – Acerca das radiações

- não conhecem gases que retenham radiação infravermelha;
- consideram que a radiação infravermelha é prejudicial à nossa saúde;
- consideram que as radiações ultravioleta não nos põem a pele vermelha e que as queimaduras solares não levam ao aparecimento de cancro de pele;

- não sabem se todas as radiações ultravioleta provocam cancro de pele;
- acham que os protectores solares funcionam como um escudo ou espelho, reflectindo as radiações ultravioleta.

Neste debate foi possível reconhecer que estes alunos possuíam maior conhecimento do fenómeno da degradação da camada de ozono do que do aquecimento global, que tinham dificuldade de relacionar medidas de protecção do ambiente com o problema ambiental que em particular elas ajudam a resolver, e que não estabeleciam qualquer relação entre os fenómenos relativos a estes problemas ambientais e as radiações electromagnéticas e a sua interacção com a matéria.

7.2 – Diário de pesquisa

O Diário de pesquisa elaborado pela professora/investigadora permitiu identificar ideias apresentadas pelos alunos durante a realização dos “projectos de trabalho globais”, sobre os temas em estudo. Este registo permitiu identificar algumas dificuldades sentidas pelos alunos que se apresentam em seguida para vários tópicos.

7.2.1 – Acerca do que causa o Aquecimento Global

- não sabem explicar porque é que gases como o dióxido de carbono absorviam radiação infravermelha emitida pela Terra;
- não identificam os CFCs como gases promotores do efeito de estufa;
- consideram que os CFCs agravam o efeito de estufa por causa de degradarem a camada de ozono (mais radiação ultravioleta chegaria à Terra libertando-se mais radiações infravermelhas que provocariam um maior aquecimento).

7.2.2 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global

- não têm a noção de que não há certezas absolutas quanto aos efeitos que o Aquecimento Global pode ter no clima e nas interacções atmosféricas e na vida na Terra.

7.2.3 – Acerca do que diminui o Aquecimento Global

- não sabem que a utilização de gasolinas sem chumbo não beneficia o aquecimento global.

7.2.4 – Acerca da Camada de Ozono

- não sabem situar a camada de ozono na atmosfera;
- não sabem justificar a razão pela qual a camada de ozono se situa na Estratosfera, nem a razão pela qual ela não se situa na Troposfera.

7.2.5 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono

- não sabem que o “buraco” de ozono se encontra maioritariamente localizado sobre os pólos;
- não sabem que o “buraco” de ozono não tem sempre a mesma dimensão ao longo do ano;
- não sabem se o “buraco” de ozono é maior no pólo Sul ou no pólo Norte.

7.2.6 – Acerca das radiações

- não sabem que tipo de radiações constitui a radiação solar;
- não estabelecem uma relação entre a interacção da radiação com a matéria e os fenómenos ambientais em estudo (aquecimento global e degradação da camada de ozono);
- não relacionam a energia da radiação ultravioleta com o facto dela ser suficientemente enérgica para quebrar ligações em moléculas.

7.2.7 – Acerca dos CFCs

- pensam que a quebra de ligações nas moléculas dos CFCs ocorrem na troposfera;
- não têm noção do tempo de vida das diferentes moléculas de CFCs.

7.2.8 – Acerca dos protectores solares

- desconhecem a forma como actuam os protectores solares.

Os alunos do 2º turno, apesar de não terem realizado o trabalho na sala de aula, tiveram acesso a todo o material disponibilizado para consulta do 1º turno, e tomaram a iniciativa de procurar o professor/investigador, por diversas vezes, fora dos tempos de aula, para esclarecerem as suas dúvidas. Essas dúvidas foram coincidentes com algumas das anteriormente referidas.

7.3 – Projectos de trabalho globais

Após a conclusão dos “projectos de trabalho globais” estes foram lidos pelo professor/investigador que os classificou de acordo com os critérios definidos em 6.4 (capítulo 6), obtendo-se os resultados que se encontram no quadro 7.1.

Turno	Grupos	Classificações (escala 0-20)
1º	G1	13
	G2	16
	G3	14
	G4	16
2º	G1	17
	G2	15
	G3	17
	G4	13

Quadro 7.1 – Classificações atribuídas aos “projectos de trabalho globais”

Neste estudo os alunos do 2º turno que realizaram o trabalho fora da sala de aula obtiveram resultados semelhantes, em termos de aprendizagem, aos dos alunos do 1º turno que fizeram o trabalho na sala de aula.

7.4 – Debate Final

Concluídos os trabalhos de projecto promoveu-se um debate final sobre este assunto, envolvendo todas as questões a que os grupos tiveram de responder nos seus projectos.

A análise da gravação do debate final permitiu identificar ainda algumas dificuldades sentidas pelos alunos, tais como:

- que o ozono na troposfera possa ter origem antropogénica;
- que o agravamento do efeito de estufa não se deva à degradação da camada de ozono;
- que os protectores solares actuem por absorção de radiação ultravioleta.

7.5 – Questionários

Após a fase de intervenção foram apresentados aos alunos os questionários aberto/fechado e fechado (Anexos 3 e 4) já utilizados na Fase I.

7.5.1 – Questionário aberto/fechado

Os resultados do questionário aberto/fechado vão ser apresentados por questão, do mesmo modo que os resultados da Fase I.

7.5.1.1 – O que é o efeito de estufa?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam os seguintes aspectos:

- O efeito de estufa é um fenómeno natural.
- A maior parte da radiação solar é absorvida pela superfície da Terra, outra parte é reflectida pela superfície da Terra e pela atmosfera.
- Radiação infravermelha é emitida pela superfície da Terra.
- Parte da radiação infravermelha emitida é absorvida por gases naturalmente presentes na atmosfera (como vapor de água, dióxido de carbono e ozono) e reemitida; o efeito disto é o aquecimento da superfície da Terra e da troposfera.

- Devido ao efeito de estufa a temperatura da Terra é amena permitindo a existência de vida.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.2.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	O efeito de estufa (EE) corresponde ao aumento de temperatura do planeta	8
C2	O EE corresponde ao “aquecimento global” do planeta	2
C3	O EE é responsável por manter o globo terrestre ameno, fenómeno natural	18
C4	O EE é causado por gases da atmosfera	1
C5	O EE é causado pelo aumento de gases na atmosfera	2
C6	O EE é causado pelo CO ₂	7
C7	O EE é causado por gases como H ₂ O, CH ₄ , CFCs, O ₃	5
C8	O EE é causado pela retenção, pelos gases de estufa, de radiação emitida pela Terra.	8
C9	O EE é causado pela retenção, pela atmosfera, dos raios solares	2
C10	O EE é causado pela retenção, pelos gases de estufa, de radiação infravermelha	1
C11	O EE é causado pela retenção, pelos gases de estufa, de radiação infravermelha emitida pela Terra	6
C12	Outras respostas	3
TOTAL		63*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 7.2 – O que é o efeito de estufa

Os resultados indicam que quase todos os alunos deste estudo (dezoito alunos) consideram o efeito de estufa como um fenómeno natural (C3, quadro 7.2) que impede que haja grandes variações na temperatura ao longo de um dia sendo assim responsável por tornar possível a vida na Terra. Oito alunos consideram ainda que o efeito de estufa é o responsável

pela temperatura do planeta ser mais elevada do que seria se ele não existisse (C1, quadro 7.2).

Exemplo:

Aluno 10: “É um fenómeno natural que não permite que a temperatura da Terra diminua até valores insuportáveis para a vida.”

Um aluno refere que o efeito de estufa é causado pelos gases existentes na atmosfera (C4, quadro 7.2), sem no entanto dizer quais.

Exemplo:

Aluno 3: “Protecção natural que evita grandes amplitudes térmicas, e que é provocado por gases que existem na atmosfera.”

Dois alunos consideram que o efeito de estufa é causado pela acumulação de gases na atmosfera (C5, quadro 7.2) sem referirem quais.

Exemplo:

Aluno 8: “É um fenómeno causado pela acumulação de determinados gases no limite superior da troposfera...”

Doze alunos indicam os gases que consideram responsáveis pelo efeito de estufa. Sete alunos referem o dióxido de carbono (C6, quadro 7.2), se bem que nem sempre isoladamente.

Exemplo:

Aluno 17: “É o efeito provocado por gases como o vapor de água e CO_2 entre outros que ao absorverem radiação infravermelha emitida pela terra, provocam um aumento da temperatura atmosférica.”

Cinco alunos mencionam outros gases responsáveis pelo efeito de estufa (C7, quadro 7.2) embora, também, nem sempre isoladamente.

Exemplo:

Aluno 20: “Efeito de estufa é um efeito normal na nossa atmosfera. Consiste na presença de certos gases, denominados os gases de estufa, como o CO_2 , o vapor de água, ozono e CFCs, que absorvem as radiações caloríficas libertadas pela terra, e não permite grandes variações de temperatura do dia para a noite. Isto é uma explicação sintética. É a constância da temperatura.”

Oito alunos consideram que o efeito de estufa é causado pela retenção de radiação pela atmosfera emitida pela Terra, (C8, quadro 7.2) sem no entanto indicarem de que radiação se trata e um aluno refere a retenção da radiação infravermelha pelos gases de estufa (C10, quadro 7.2) mas sem mencionar de onde vem esta radiação.

Exemplos:

Aluno 11: “O efeito de estufa é um fenómeno natural, provocado pelas radiações emitidas pela Terra que são retidas pelos gases de estufa, formando o chamado efeito de estufa.”

Aluno 2: “é a capacidade de alguns gases da nossa atmosfera (H_2O , CH_4 , etc.) absorverem a radiação infravermelha (calor) e assim fazerem com que durante a noite a temperatura não oscile tanto.”

Seis alunos referem que o efeito de estufa se deve à retenção, por gases de estufa, de radiação infravermelha emitida pela Terra (C11, quadro 7.2).

Exemplo:

Aluno 18: “É a capacidade que a atmosfera terrestre tem (em especial os gases de estufa), em absorverem radiações infravermelhas emitidas pela superfície terrestre.”

Dois alunos indicam também a retenção dos raios solares pela atmosfera (C9, quadro 7.2) como a causa do efeito de estufa.

Exemplo:

Aluno 21: “O efeito de estufa é a retenção de calor, isto é, radiações solares na atmosfera, mantendo desta forma a temperatura constante durante o dia e a noite.”

Um pequeno número de alunos (2/23) consideram que o efeito de estufa corresponde ao aquecimento global (C2, quadro 7.2). Este resultado também se encontra documentado por Andersson et al (2000), Boyes e Stanisstreet (1997) e Rye et al (1997).

Exemplo:

Aluno 9: “O efeito de estufa é o agravamento do aquecimento global, ou seja, a terra absorve radiações, que depois, mais tarde, emite, contudo, devido ao CO_2 em excesso da atmosfera, estas radiações conseguem chegar ao espaço, ficando assim a “aumentar o aquecimento global”.

Nesta questão, a maioria dos alunos considera que o efeito de estufa é um fenómeno natural que mantém a temperatura da Terra amena o que permite a existência de vida. Alguns

alunos consideram que o efeito de estufa é causado pela retenção pelos gases de estufa de radiação infravermelha emitida pela Terra. Poucos alunos confundem o efeito de estufa com o aquecimento global.

7.5.1.2 – O que causa o efeito de estufa?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o efeito de estufa era causado pelos gases promotores do efeito de estufa (como: vapor de água, dióxido de carbono e ozono) que existem naturalmente na atmosfera.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.3.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	Gases	4
C2	Gases de estufa	3
C3	CO ₂	13
C4	Vapor de água	8
C5	Ozono	2
C6	CO ₂ e vapor de água	7
C7	CO ₂ , vapor de água e ozono	1
C8	Gases de origem antropogénica (metano, CFCs, óxidos de azoto, etc.)	8
C9	Outras respostas.	3
TOTAL		49*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 7.3 – O que causa o efeito de estufa

O dióxido de carbono, o vapor de água e o ozono, como gases promotores do efeito de estufa, só são indicados, em conjunto, por um aluno (C7, quadro 7.3).

Exemplo:

Aluno 23: “A existência de gases de estufa (gases que absorvem radiação proveniente da Terra): CO₂, ozono, óxidos de azoto, vapor de água, entre outros.”

O dióxido de carbono e o vapor de água, como gases promotores do efeito de estufa, são referidos, em conjunto, por cerca de um terço dos alunos (C6, quadro 7.3).

Exemplo:

Aluno 5: “O efeito de estufa é causado por gases como o CO_2 , H_2O , ... chamados gases de estufa que absorvem as radiações IV emitidas pela Terra.”

O dióxido de carbono é o gás mais indicado como causa do efeito de estufa (C3, quadro 7.3) seguido pelo vapor de água (C4, quadro 7.3).

Exemplos:

Aluno 16: “O facto do CO_2 absorver os infravermelhos e por consequente aquecer a superfície terrestre.”

Aluno 8: “Este fenómeno é causado por gases como o CO_2 , o metano, o vapor de água, etc. que são libertados para a atmosfera.”

O ozono só é reconhecido como gás promotor do efeito de estufa por dois alunos (C5, quadro 7.3)

Exemplo:

Aluno 18: “Os gases de estufa (CH_4 , hidrocarbonetos clorofluorados, O_3 (troposférico), CO_2), que permitem uma grande banda de absorção no infravermelho devido à sua geometria e devido a poderem Ter vários estados vibracionais.”

Quatro alunos consideram como causa do efeito de estufa, gases não especificados (C1, quadro 7.3).

Exemplo:

Aluno 10: “O efeito de estufa é provocado por gases existentes na atmosfera e que impedem que todo o calor irradiado pela Terra se perca para o espaço.”

Três alunos referem gases de estufa, sem indicarem quais (C2, quadro 7.3).

Exemplo:

Aluno 20: “O que causa o efeito de estufa, são gases de estufa que estão na nossa atmosfera, que absorvem as radiações caloríficas libertadas pela terra.”

Um terço dos alunos indicam gases de origem antropogénica como metano, CFCs e óxidos de azoto como causando o efeito de estufa (C4, quadro 7.3).

Exemplos:

Aluno 1: “A existência de gases como CO₂, metano, CFCs, etc.”

Aluno 17: “Gases que retêm radiações infravermelhas como: CO₂, CH₄, H₂O, óxidos de azoto.”

Os alunos apresentam dificuldade em considerarem em conjunto o vapor de água, o dióxido de carbono e o ozono como gases promotores do efeito de estufa. Cerca de um terço dos alunos referem o dióxido de carbono e o vapor de água em conjunto. O dióxido de carbono é o mais indicado como gás promotor do efeito de estufa. Cerca de um terço dos alunos ainda refere gases promotores do efeito de estufa cuja origem é principalmente antropogénica.

7.5.1.3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós? Explique.

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o efeito de estufa é bom para nós porque é responsável pela temperatura amena da terra o que permite a existência de vida tal como a conhecemos.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se nos quadros 7.4, 7.5 e 7.6.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	O efeito de estufa é bom	22
C2	O efeito de estufa é mau	1
TOTAL		23

Quadro 7.4 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
O efeito de estufa é bom para nós porque:		
C1	Mantém a temperatura da Terra adequada à existência de vida	22

Quadro 7.5 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa bom para nós

Categorias de Resposta		ESTLQ
O efeito de estufa é mau para nós porque:		N=23
C1	Provoca alterações climáticas	1

Quadro 7.6 – Razões apresentadas pelos alunos para justificarem por que é o efeito de estufa mau para nós

Só um aluno indica que o efeito de estufa é mau para nós. Todos os outros consideram que o efeito de estufa é bom para nós porque mantém a temperatura da Terra adequada à existência de vida.

Exemplo:

Aluno 20: “O efeito de estufa normal é bom para nós pois permite que a temperatura da terra não varie muito do dia para a noite, mantendo assim uma temperatura essencial para a vida.”

É de referir que nove alunos mencionam ainda que o agravamento do efeito de estufa pode provocar o aquecimento global. Estes alunos apresentam uma resposta que indica claramente uma distinção entre o efeito de estufa e o seu agravamento.

Exemplo:

Aluno 19: “O efeito de estufa é benéfico, dado que controla as radiações reflectidas pela terra, poupando-nos a oscilações térmicas demasiado acentuadas. Contudo, neste momento, os gases acumulados são de tal ordem, que levaram a um aquecimento terrestre, que nos é prejudicial.”

O aluno que indica que o efeito de estufa é mau para nós considera-o causa de alterações climáticas (C1 Quadro 7.6).

Exemplo:

Aluno 13: “Mau. Provoca alterações climáticas.”

Nesta questão a maioria dos alunos reconhece que o efeito de estufa é bom para nós porque o identificam como sendo um fenómeno natural responsável por manter a temperatura da Terra amena permitindo assim a existência de vida tal como a conhecemos.

7.5.1.4 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o modo de diminuir a extensão do efeito de estufa correspondia a reduzir a quantidade de gases promotores desse efeito na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono. Para isso várias acções seriam possíveis, tais como: diminuir o abate de florestas, plantar mais árvores, diminuir a queima de combustíveis fósseis, utilizar fontes de energia alternativas, eliminar a emissão de CFCs, etc.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.7.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	Reduzir a poluição atmosférica	1
C2	Usar gasolina sem chumbo	1
C3	Reduzir as emissões de CO ₂	10
C4	Reduzir a libertação de gases de estufa	9
C5	Reduzir a libertação de gases como: H ₂ O (g), CH ₄ , CFC's	5
C6	Plantar árvores	5
C7	Diminuição das combustões	4
C8	Outras respostas	1
TOTAL		36*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 7.7 – Como poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa

Apenas um aluno deste estudo refere a redução da poluição atmosférica em geral como forma de diminuir a extensão do efeito de estufa (C1, quadro 7.7). Este aluno indica a diminuição da concentração de certos gases sem, no entanto, os especificar.

Exemplo:

Aluno 6: “Diminuindo a concentração de certos gases na atmosfera, ou impedindo que estes se libertem para a mesma.”

Um outro aluno menciona a utilização de gasolina sem chumbo como forma de reduzir a extensão do efeito de estufa (C2, quadro 7.7). Este resultado também se encontra documentado por Boyes e Stanisstreet (1993) e Francis et al (1993). Este aluno, tal como o anterior, parece ter a ideia de que são necessárias várias medidas de protecção do ambiente mas não é capaz de relacionar a medida de protecção do ambiente com o respectivo problema ambiental que ela ajuda a resolver.

Exemplo:

Aluno 7: “Não libertar CO₂ para a atmosfera, não poluir usando gasolina sem chumbo, não produzir metano, não queimar as florestas.”

As respostas dos alunos categorizadas nas categorias C3 a C7 (quadro 7.7) referem acções possíveis para reduzir a quantidade de gases promotores de efeito de estufa na atmosfera, tais como: reduzir as emissões de dióxido de carbono, reduzir a libertação de gases de estufa (sem especificarem quais), reduzir a libertação de gases como, vapor de água, metano, CFC's (normalmente referidos juntamente com o dióxido de carbono), plantar mais árvores e diminuir as combustões. Destas medidas, a redução da emissão de dióxido de carbono (C3, quadro 7.7) foi a resposta mais frequente.

Exemplos:

Aluno 2: “Não efectuar tantas combustões, pois o produto de combustões são gases de estufa.”

Aluno 3: “Diminuir a produção de CO₂ e H₂O através da paragem de queima de combustíveis fósseis, evitar a desflorestação, (as plantas utilizam o CO₂ para realizar fotossíntese), investir na protecção de florestas (incêndios).”

Aluno 9: “Poderíamos contribuir para a diminuição do efeito de estufa, libertando menos gases para a atmosfera, nomeadamente o vapor de água, o CO₂, CFCs, etc.”

Aluno 10: “Pela diminuição da concentração dos gases responsáveis pelo efeito de estufa na atmosfera.”

Aluno 22: “Utilizar produtos designados amigos do ambiente, que não emitam gases para a atmosfera, isto é, resumindo, evitar lançar para a atmosfera gases que têm efeito de estufa como o CO₂, o metano e o vapor de água, fazendo diminuir a sua quantidade e em consequência diminuir o seu efeito de absorção de radiações pois há menos gases, diminuindo assim o efeito estufa.”

A maioria dos alunos é capaz de referir acções possíveis para a redução da quantidade de gases na atmosfera, promotores do efeito de estufa, referindo concretamente a redução das emissões de dióxido de carbono.

7.5.1.5 – O que é o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono corresponde a uma zona na estratosfera onde ocorreu uma diminuição de ozono.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.8.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	Diminuição da camada de ozono	11
C2	Buraco na camada de ozono	11
C3	Outras respostas	1
TOTAL		23

Quadro 7.8 – O que é o “buraco” de ozono

Cerca de metade dos alunos consideram que o “buraco” de ozono é mesmo um buraco ou falha na camada de ozono (C2, quadro 7.8). A utilização da linguagem do quotidiano num contexto escolar (Sutton, 1981) pode estar na origem destas ideias.

Exemplo:

Aluno 22: “É como uma falha na camada de ozono na qual existe um buraco.”

No entanto, também cerca de metade dos alunos indicam que o “buraco” de ozono corresponde a uma diminuição da camada de ozono (C1, quadro 7.8) e não a uma ausência total de ozono.

Exemplo:

Aluno 6: “Na atmosfera existe uma camada formada por ozono. Devido à libertação de certos gases para a atmosfera esta camada está a diminuir. Porque estes gases reagem com o ozono.”

7.5.1.6 – O que causa o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o que causa o “buraco” de ozono é a reacção deste com certas espécies químicas que o consomem (como por exemplo o cloro proveniente dos CFCs).

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.9.

Categorias de Resposta		ESTLQ
O buraco do ozono é causado:		N=23
C1	Pelos CFCs	17
C2	Por gases (sem serem especificados quais)	2
C3	Pelo dióxido de carbono	2
C4	Pelos gases de estufa	1
C5	Pela desflorestação	1
C6	Pela reacção do oxigénio com os CFCs	1
C7	Pela reacção do ozono com os CFCs	4
C8	Pela reacção do ozono com átomos de cloro libertados pelos CFCs	4
C9	Pela reacção do ozono com radicais livres libertados pelos CFCs	1
C10	Outras respostas.	2
TOTAL		35*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 7.9 – O que causa o “buraco” de ozono

Cerca de dois terços dos alunos referem os CFCs como os causadores do “buraco” de ozono (C1, quadro 7.9).

Exemplo:

Aluno 23: “Essencialmente, é o lançamento de CFCs para a atmosfera.”

Mas nove alunos mencionam a ocorrência de uma reacção entre o ozono e os CFCs. Quatro alunos consideram que os CFCs reagem com o ozono (C7, quadro 7.9), sem se referirem, no entanto, aos átomos de cloro que reagem de facto com o ozono.

Exemplo:

Aluno 2: “Os CFC’s que provocam uma reacção com o ozono (O_3), transformando-o em O_2 .”

Quatro alunos referem a reacção do ozono com os átomos de cloro (C8, quadro 7.9) provenientes dos CFCs.

Exemplo:

Aluno 17: “O principal causador são os CFCs que provocam juntamente com radiação UV que $O_3 \rightarrow O_2 + O$, mais concretamente é o cloro libertado dos CFCs por acção das radiações mencionadas que provoca a destruição de milhares de moléculas de O_3 .”

Um aluno considera a reacção do ozono com radicais livres libertados pelos CFCs (C9, quadro 7.9), não referindo em concreto esses radicais livres, mas indicando que eles se produzem na troposfera.

Exemplo:

Aluno 4: “Os radicais livres que são libertados pelos CFC’s que são activados quando atingem a troposfera, e actuam sobre o O_3 , desagregando-o.”

Um aluno indica que o oxigénio e não o ozono reage com os CFCs (C6, quadro 7.9).

Exemplo:

Aluno 15: “O principal responsável pelo buraco de ozono são os CFCs, cujo uma única molécula pode destruir e desagregar milhares e milhares de moléculas de ozono, contribuindo assim para a formação de buracos no ozono.”

Apenas dois alunos consideram que gases (não especificando quais) são a causa do “buraco” de ozono (C2, quadro 7.9). Um deles, no entanto, revela ter alguma noção das movimentações dos gases na estratosfera.

Exemplo:

Aluno 20: “Um processo complexo em que os gases são levados através de ventos frios para o pólo sul que faz com que após a sua cristalização eles abram um buraco na camada, não havendo depois reconstituição desse buraco.”

De salientar que quatro alunos mencionam o dióxido de carbono (C3, quadro 7.9), os gases de estufa (C4, quadro 7.9) e a desflorestação (C5, quadro 7.9) como responsáveis pelo “buraco” de ozono. Para estes alunos as causas do efeito de estufa, são as causas do “buraco” de ozono. Estes resultados foram também referidos por Boyes et al (1999), Boyes e Stanisstreet (1997), Potts et al (1996), Rye et al (1997).

Exemplo:

Aluno 10: “ O “buraco” de ozono é causado por gases libertados (CO₂) por automóveis, CFCs libertados pelos “sprays” e sistemas de refrigeração, desflorestação...”

Cerca de dois terços dos alunos indica que o que causa o “buraco” de ozono são os CFCs. No entanto, cinco alunos são capazes de mencionar a reacção do ozono com átomos de cloro ou radicais livres provenientes dos CFCs como a causa do “buraco” de ozono.

7.5.1.7 – O “buraco” de ozono é bom ou mau para nós? Explique.

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono é mau para nós porque deixa passar radiação ultravioleta que nos é nociva. Pretendia-se ainda que os alunos identificassem danos que podem resultar da radiação ultravioleta, tais como, o aparecimento de cancro de pele e de cataratas.

Os alunos consideraram que o “buraco” de ozono era mau para nós.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.10.

Categorias de Resposta		ESTLQ
O “buraco” de ozono é mau porque:		N=23
C1	O ozono protege-nos das radiações UV nocivas.	20
C2	Prejudica a saúde	1
C3	Produz alterações na atmosfera	1
C4	Outras respostas	1
TOTAL		23

Quadro 7.10 – Razões apresentadas para justificar por que é mau para nós o “buraco” de ozono

A maioria dos alunos refere que o “buraco” de ozono é mau para nós porque as radiações ultravioleta não são filtradas o que prejudica a saúde (C1, quadro 7.10).

Exemplo:

Aluno 9: “É mau, porque deixa passar as radiações UV, que tem efeitos negativos em nós.”

Um aluno indica apenas que o “buraco” de ozono é mau para nós porque prejudica a saúde (C4, quadro 7.10) e outro porque produz alterações na atmosfera (C3, quadro 7.10).

Exemplos:

Aluno 4: “É mau pois afecta a saúde dos seres que vivem na terra.”

Aluno 6: “É mau porque leva a alterações na atmosfera terrestre e, consequentemente na vida terrestre.”

Os danos referidos pelos alunos como resultado do “buraco” de ozono encontram-se categorizados no quadro 7.11.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	Prejudica a saúde	7
C2	Prejudica a vida na Terra.	3
C3	Prejudica a pele	3
C4	Prejudica os ecossistemas	1
C5	Provoca o aquecimento global.	1
C6	Provoca o cancro	2
C7	Provoca o cancro de pele	5
C8	Provoca cataratas	1
C9	Provoca alterações genéticas	1
TOTAL		24*

*Há respostas que foram categorizadas em mais do que uma categoria.

Quadro 7.11 – Danos resultantes do “buraco” de ozono

Cerca de um terço destes alunos referem como danos resultantes do “buraco” de ozono, o prejuízo da saúde, em geral (C1, quadro 7.11).

Exemplos:

Aluno 2: “É mau, pois o ozono absorve UV, não as deixando passar para a Terra, que são muito prejudiciais para nós.”

Alguns alunos indicam, também genericamente, o prejuízo da vida na Terra como dano resultante do “buraco” de ozono (C2, quadro 7.11).

Exemplo:

Aluno 3: “O “buraco” de ozono é prejudicial, uma vez que a camada de O₃ evita a passagem de radiações ultravioleta, altamente prejudiciais; com a existência desse “buraco” essas radiações passam prejudicando a vida terrestre.”

Alguns alunos consideram que o “buraco” de ozono pode prejudicar a pele sem explicarem a que tipo de prejuízo se referem (C3, quadro 7.11).

Exemplo:

Aluno 23: “É mau visto que o ozono na estratosfera absorve as radiações ultravioleta nocivas ao Homem. Assim, se houver menos ozono, há mais facilidade em essas radiações chegarem à superfície e à nossa pele, provocando doenças de pele, nomeadamente.”

Um aluno menciona que o “buraco” de ozono pode prejudicar os ecossistemas (C4, quadro 7.11).

Exemplo:

Aluno 10: “O “buraco” de ozono é mau, já que com a diminuição da concentração do O₃, há também uma diminuição da eficácia da filtração dos raios UV, que atingirão a Terra com mais intensidade, aumentando o risco de doenças da pele, prejudicando também os ecossistemas.”

Apenas um aluno indica que o “buraco” de ozono é mau para nós porque provoca o aquecimento global (C5, quadro 7.11). Esta relação também aparece referida por Andersson e Wallin (2000), Boyes e Stanisstreet (1997), Boyes et al (1999), Francis et al (1993) e Rye et al (1997).

Exemplo:

Aluno 12: “É mau visto que leva a uma maior entrada de radiações que provocam um aquecimento global.”

A referência a que o “buraco” de ozono provoca o cancro, sem especificarem de que tipo (C6, quadro 7.11), é feita por dois alunos, enquanto que a menção específica a cancro de pele (C7, quadro 7.11) é feita por um maior número de alunos (cinco).

Exemplos:

Aluno 5: “O “buraco” de ozono é mau para nós. Para já, se a camada de O_3 existe e a vida surgiu na Terra, é porque é importante. Mais concretamente, ao existir esse buraco, as radiações solares deixam de ser convenientemente “filtradas” nesse local, o que acarreta consequências graves para os seres vivos (cancro da pele nos humanos, por exemplo).”

Aluno 15: “O buraco do ozono é mau para nós, porque ele é o responsável pelo aumento de permeabilidade da camada de ozono em relação às radiações UV b (principalmente) contribuindo assim para o aumento de incidência de doenças tais como, cancro, etc.”

A referência ao aparecimento de cataratas (C8, quadro 7.11) como um dos danos devidos ao “buraco” de ozono é feita por um aluno e as alterações genéticas (C9, quadro 7.11) são também indicadas por um outro aluno, se bem que nem uma nem outra sejam referidas isoladamente, mas sim em simultâneo com outros danos.

Exemplos:

Aluno 8: “As moléculas ou compostos resultantes da dissociação do O_3 não conseguem absorver as radiações UV. Assim, o buraco do ozono é bastante prejudicial para nós, uma vez que a exposição prolongada a essas radiações pode provocar graves malefícios à saúde, como cancro ou problemas genéticos.”

Aluno 17: “Mau, radiações UV passam a atingir a terra e as mais energéticas provocam cataratas, cancro de pele, ...”

A maioria dos alunos considera que a degradação da camada de ozono é má para nós porque o ozono nos protege da radiação ultravioleta que nos é nociva. Cinco alunos referem o cancro de pele e as cataratas como possíveis danos resultantes da degradação da camada de ozono. Há apenas um aluno que menciona que a degradação da camada de ozono provoca o aquecimento global.

7.5.1.8 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono?

Nesta questão, de acordo com o Modelo Educacional (Anexo 1), pretendia-se identificar se os alunos referiam que o “buraco” de ozono pode ser diminuído se eliminarmos a produção e libertação de CFCs para a atmosfera.

As respostas dos alunos foram categorizadas e os resultados obtidos encontram-se no quadro 7.12.

Categorias de Resposta		ESTLQ N=23
C1	Diminuir a emissão de CFCs.	20
C2	Diminuir a emissão de gases destruidores do ozono.	2
C3	Diminuir a emissão de gases de estufa.	1
TOTAL		23

Quadro 7.12 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono

A maioria das respostas (20/23) vai no sentido da diminuição da emissão dos CFCs (C1, quadro 7.12)..

Exemplos:

Aluno 2: “Não mandar tantos CFCs para a atmosfera, o que já está a ser feito.”

Aluno 8: “É um processo que levaria anos a concretizar-se. De qualquer modo, é bom que comecemos já a fazer algo, como, por exemplo, diminuir a emissão de CFCs para a atmosfera; CFCs existentes em sprays, frigoríficos, sistemas de ar condicionado e outros materiais devem ser eliminados.”

Aluno 17: “Usar produtos com outro tipo de gases propulsores, que não os CFCs.”

Duas respostas referem a diminuição da emissão de gases destruidores do ozono (C2, quadro 7.12) sem no entanto indicarem quais.

Exemplos:

Aluno 22: “Evitando o lançamento de gases que destroem o O₃ (ozono).”

Uma resposta considera a diminuição da emissão dos gases promotores do efeito de estufa (C3, quadro 7.12) como forma de diminuir o “buraco” do ozono. Os CFCs de facto são gases promotores do efeito de estufa e também provocam a degradação da camada de ozono.

Exemplo:

Aluno 13: “Diminuir a utilização de gases de estufa.”

A maioria dos alunos refere que a forma de fazer diminuir o “buraco” de ozono é diminuindo a emissão de CFCs para a atmosfera.

7.5.2 – Questionário fechado

As respostas dos alunos ao questionário fechado (tipo verdadeiro/falso) foram classificadas em três categorias: “correctas”, “erradas” e “não sabe” (se os alunos deixavam a resposta em branco). Os resultados apresentam-se no quadro 7.13.

Da análise do quadro de resultados do questionário fechado foi possível tirar algumas conclusões que a seguir se apresentam de forma esquemática. Nesses esquemas aparecem as percentagens de respostas dadas e é ainda indicado o valor lógico das proposições: verdadeiro – V, falso – F.

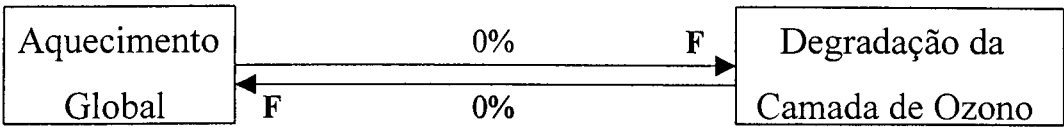
Afirmações	V/F	Respostas correctas ESTLQ N=23 %	Respostas erradas ESTLQ N=23 %	Não sabe ESTLQ N=23 %
1 – O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono.	F	96	0	4
2 – Se o aquecimento global aumentar, haverá alterações no clima mundial.	V	100	0	0
3 – Se a degradação da camada de ozono continuar a aumentar, chegarão mais raios UV à Terra.	V	100	0	0
4 – A degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global.	F	100	0	0
5 – A camada de ozono continuará a degradar-se se mais CO ₂ for lançado na atmosfera.	F	87	0	13
6 – O Sol irradia energia na região do IV, visível e do UV até à Terra.	V	96	0	4
7 – O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à Terra.	F	70	30	0
8 – A Terra radia energia na região do visível e do UV.	F	96	4	0
9 – O aquecimento global aumentará se mais CFCs forem lançados na atmosfera.	V	52	48	0
10 – O aquecimento global aumentará se mais CO ₂ for lançado para a atmosfera.	V	96	4	0
11 – A Terra radia energia na região do IV.	V	96	4	0
12 – A degradação da camada de ozono aumentará se mais CFCs forem lançados na atmosfera.	V	100	0	0
13 – O aquecimento global é devido à chegada de demasiados raios solares à Terra.	F	78	13	9
14 – Se o aquecimento global aumentar mais pessoas sofrerão de cancro de pele.	F	91	9	0
15 – O aquecimento global aumenta com o aumento de ozono perto do solo (troposfera).	V	52	44	4
16 – O uso de gasolina sem chumbo atenua o aquecimento global.	F	78	22	0
17 – Se o aquecimento global aumentar a Terra aquecerá.	V	100	0	0
18 – O aquecimento global pode diminuir se se plantarem mais árvores no mundo.	V	92	4	4

Quadro 7.13 – Questionário fechado

As Afirmações 2, 3, 4, 12 e 17 foram correctamente respondidas por estes alunos.

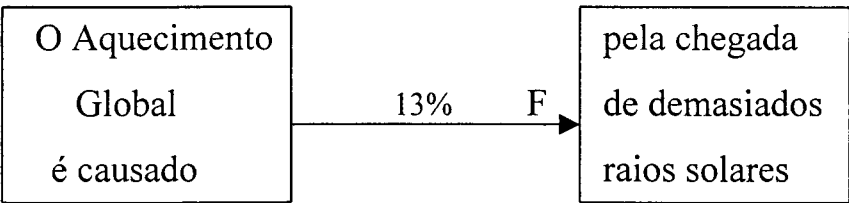
7.5.2.1 – Relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono

Nenhum aluno estabelece uma relação recíproca entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono. Estes alunos consideram adequadamente que o Aquecimento Global não provoca a Degradação da Camada de Ozono e esta, por sua vez, não provoca o Aquecimento Global (Afirmações 1 e 4, quadro 7.13).



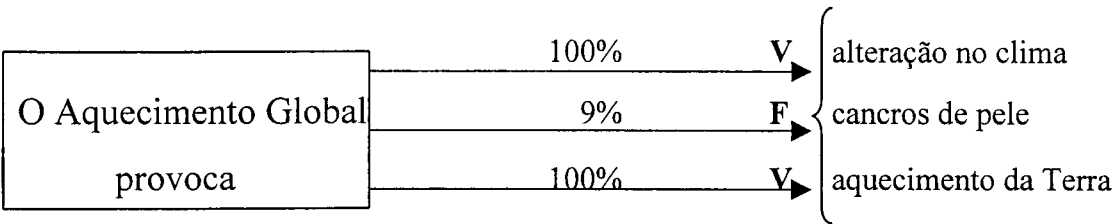
7.5.2.2 – O que causa o Aquecimento Global

Alguns alunos consideram que o Aquecimento Global é causado pela chegada de demasiados raios solares à Terra (Afirmação 13, quadro 7.13).



7.5.2.3 – Efeitos do Aquecimento Global

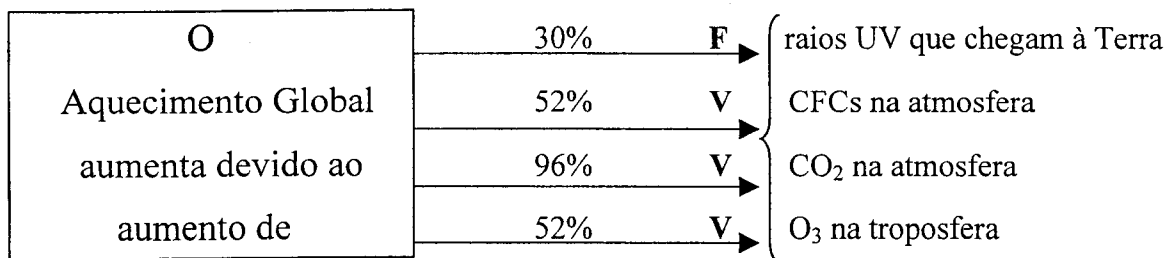
Todos os alunos consideram que o Aquecimento Global provoca alterações no clima e aquecimento da Terra. Alguns alunos ainda consideram que o Aquecimento Global provoca cancro de pele (Afirmações 2, 14 e 17, quadro 7.13).



7.5.2.4 – O que faz aumentar o Aquecimento Global

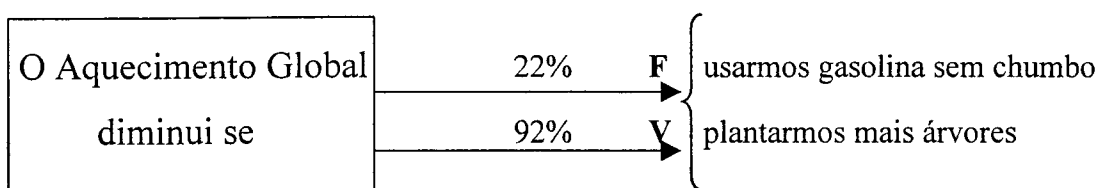
A maioria dos alunos considera que o Aquecimento Global aumenta devido ao aumento na atmosfera dos CFCs e do dióxido de carbono e ao aumento do ozono na

troposfera. Cerca de um terço dos alunos ainda considera que o Aquecimento Global aumenta devido aos raios ultravioleta que chegam à Terra (Afirmações 7, 9, 10 e 15, quadro 7.13).



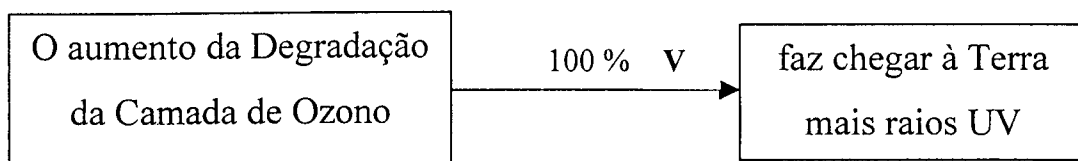
7.5.2.5 – O que faz diminuir o Aquecimento Global

A maioria dos alunos considera que o Aquecimento Global diminui se plantarmos mais árvores. Alguns alunos ainda consideram que o Aquecimento Global diminui se usarmos gasolina sem chumbo (Afirmações 16 e 18, quadro 7.13).



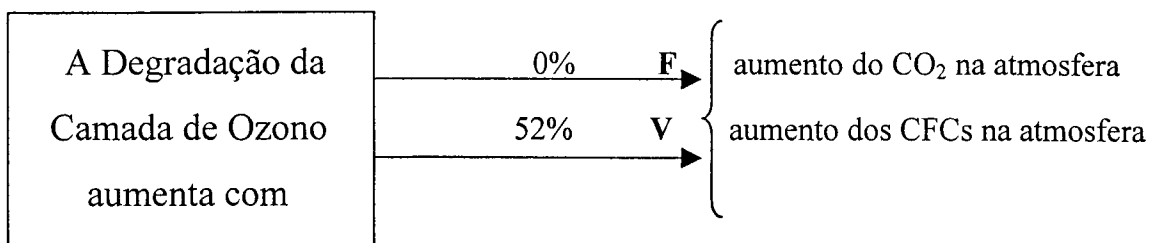
7.5.2.6 – Efeitos da Degradação da Camada de Ozono

Todos os alunos consideram que o aumento da Degradação da Camada de Ozono faz chegar mais raios ultravioleta à Terra (Afirmação 3, quadro 7.13).



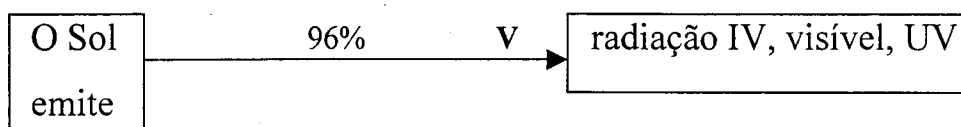
7.5.2.7 – O que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono

A maioria dos alunos considera que a Degradação da Camada de Ozono aumenta com o aumento dos CFCs. Nenhum aluno considera que a Degradação da Camada de Ozono aumenta com o aumento do dióxido de carbono (Afirmações 5 e 12, quadro 7.13).

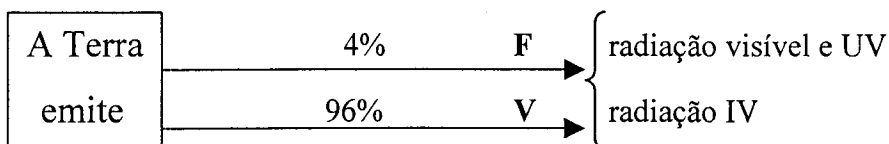


7.5.2.8 – Emissão de Radiação

A maioria dos alunos considera que o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (Afirmação 6, quadro 7.13).



A maioria dos alunos considera que a Terra emite radiação infravermelha. Alguns alunos ainda consideram que a Terra emite radiação visível e ultravioleta (Afirmações 8 e 11, quadro 7.13).



É de referir que mais alunos consideram que o aquecimento global aumenta devido aos raios ultravioleta que chegam à Terra do que aqueles que consideram que há uma correspondência entre o aquecimento global e a degradação da camada de ozono. De facto, na afirmação 1 do questionário fechado “O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono”, nenhum aluno a considera verdadeira enquanto que na afirmação 7 do mesmo questionário “O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à Terra”, 30% dos alunos consideram-na verdadeira. Os resultados do questionário aberto/fechado, quadro 7.10, mostram que 87% dos alunos relacionam o ozono com as radiações ultravioleta. A exemplo do que aconteceu na Fase I, isto parece indicar que a formulação das proposições influencia as respostas dos alunos.

Embora os resultados do questionário fechado possam dar indicações acerca das ideias dos alunos não poderemos tomar os valores obtidos como absolutos.

CAPÍTULO 8

FASE II – CONCLUSÕES

As principais conclusões retiradas na Fase II referem-se a dois aspectos: eficácia da metodologia seguida e aprendizagem dos alunos.

8.1 – Acerca da metodologia seguida

a) Debate inicial

No que diz respeito à realização do debate inicial, como forma de identificar as dificuldades apresentadas pelos alunos sobre o Aquecimento Global, Efeito de Estufa e a Degradação da Camada de Ozono e de motivá-los para o tema, esta metodologia resultou bastante bem. A isso não será alheia a idade destes alunos o que lhes permite ter já uma certa capacidade de organização das suas ideias, de intervenção durante um debate e de expressão das suas opiniões de uma forma espontânea.

Neste debate foi possível identificar lacunas de conhecimentos essenciais à compreensão destes fenómenos. O debate permitiu discutir os assuntos de uma forma abrangente e enriquecedora mas é necessário que os grupos sejam pequenos para que todos possam intervir e expor as suas ideias. Por outro lado será necessário impor regras de conduta a ter durante a realização do mesmo, tal como se fez neste estudo.

b) Diário de pesquisa do professor

Este instrumento revelou-se muito útil para registar as dificuldades apresentadas pelos alunos, nos momentos em que interpelaram a professora/investigadora para o esclarecimento de dúvidas, bem como para registar situações no sentido de melhorar comportamentos e atitudes do professor.

c) Projecto de trabalho global

Os resultados obtidos nos projectos de trabalho globais permitiram concluir que, desde que o aluno esteja verdadeiramente motivado, ele próprio toma a iniciativa de aprender e auto-regula as suas necessidades de aprendizagem. Esta atitude verificou-se tanto para os alunos que realizaram o trabalho na sala de aula como para aqueles que o fizeram fora da sala de aula. Com efeito para os alunos do 2º turno, que realizaram o trabalho fora da sala de aula, a realização dos projectos dependeu da sua vontade de aprender. Os momentos em que procuraram o professor para os ajudar a resolver as dificuldades que encontraram foi por eles totalmente controlado. A aprendizagem destes alunos realizou-se independentemente da existência de uma interacção contínua professor/aluno na sala de aula e de uma forma autónoma.

É necessário que os projectos decorram durante um período de tempo adequado à conclusão das tarefas. Neste caso, o tempo disponível para a realização dos mesmos pode ter sido insuficiente. Atendendo ao tempo disponível os alunos distribuíram tarefas entre si. Esta é uma das facetas importantes do trabalho de projecto (organização das tarefas), mas dificultou que os alunos se apercebessem da totalidade do trabalho desenvolvido pelo grupo o que levou a que alguns ficassem com um conhecimento compartimentado dos assuntos abordados.

É importante que quando os alunos realizam trabalhos de projecto possam contar com o apoio do professor (dentro ou fora da sala de aula) para esclarecer qualquer dúvida que surja, bem como para os ajudar a não se afastarem dos objectivos principais.

d) Materiais fornecidos aos alunos

Os materiais fornecidos aos alunos (Anexo 5), por forma a elaborarem as suas respostas, puderam ser considerados adequados uma vez que o trabalho realizado foi concluído satisfatoriamente.

e) Debate final

O debate final tinha por objectivo promover o confronto das ideias entre os alunos, já que os diferentes grupos tinham debatido aspectos diferentes do mesmo tema. Tinha também

por objectivo identificar ideias alternativas persistentes. Pretendia-se que durante o debate essas ideias fossem discutidas de forma a promover a aprendizagem. O período de tempo deste debate pode ter sido insuficiente para que esse objectivo fosse atingido.

8.2 – Acerca da aprendizagem

A aprendizagem foi avaliada pelos resultados obtidos na intervenção e nos questionários (Anexos 3 e 4) também utilizados na Fase I.

8.2.1 – Intervenção

A maioria das dificuldades identificadas no debate inicial e durante a realização dos projectos não surgiram no debate final.

Neste debate as dificuldades identificadas foram: o ozono na troposfera poder ter origem antropogénica, o agravamento do efeito de estufa não se dever à degradação da camada de ozono e os protectores solares actuarem por absorção de radiação ultravioleta.

Todas as restantes ideias que os alunos apresentaram enquadravam-se no Modelo Educacional (Anexo 1).

8.2.2 - Questionários

As principais conclusões estão organizadas em função dos temas: Efeito de Estufa, Aquecimento Global e Degradação da Camada de Ozono. Para cada um destes temas são apresentadas as ideias identificadas de maior relevância e ainda a sua frequência na amostra.

Relembra-se que a amostra corresponde a 23 alunos ESTLQ.

8.2.2.1 – Acerca do Efeito de Estufa

- o efeito de estufa corresponde ao aquecimento global (9%);
- o efeito de estufa é um fenómeno natural que impede que haja grandes variações na temperatura ao longo de um dia sendo assim responsável por tornar possível a vida na Terra (78%);
- o efeito de estufa é o responsável pela temperatura do planeta ser mais elevada do que seria se ele não existisse (35%);

- o efeito de estufa é devido à acumulação de gases na atmosfera (9%);
- o efeito de estufa é devido ao dióxido de carbono (30%),
- referência a radiações envolvidas neste fenómeno (74%);
- o efeito de estufa é bom para nós porque é um fenómeno natural responsável por manter a temperatura da Terra amena permitindo assim a existência de vida tal como a conhecemos (96%);
- o efeito de estufa é bom para nós (pelas razões assinaladas) mas o seu agravamento pode provocar o aquecimento global (39%);
- o efeito de estufa é mau para nós porque provoca alterações climáticas (4%).

8.2.2.2 – Acerca do que causa o Efeito de Estufa

- gases, sem especificarem quais (17%);
- o dióxido de carbono (57%);
- o dióxido de carbono e o vapor de água (30%);
- gases de origem antropogénica como o metano, os CFCs, os óxidos de azoto (35%).

8.2.2.3 – Acerca do que pode diminuir a extensão do Efeito de Estufa

- a redução da poluição atmosférica em geral (4%);
- a redução das emissões de dióxido de carbono (43%);
- a utilização de gasolina sem chumbo (4%);
- a redução da libertação de gases de estufa (sem especificarem quais) (39%);
- a redução da libertação de gases como, vapor de água, metano, CFC's (normalmente referidos juntamente com o dióxido de carbono) (22%);
- a plantação de mais árvores (22%);
- a diminuição das combustões (17%).

8.2.2.4 – Acerca do que causa o Aquecimento Global

- o aquecimento global é causado pela chegada de demasiados raios solares à Terra (13%).

8.2.2.5 – Acerca dos efeitos do Aquecimento Global

- o aumento do aquecimento global alterará o clima mundial (100%);
- o aquecimento global provoca cancro de pele (9%);
- a Terra aquecerá se o aquecimento global aumentar (100%).

8.2.2.6 – Acerca do que faz aumentar o Aquecimento Global

- o aquecimento global aumentará se mais raios ultravioleta chegarem à terra (30%);
- o aquecimento global aumenta devido ao aumento de CFCs na atmosfera (52%);
- o aquecimento global aumenta se for lançado mais dióxido de carbono na atmosfera (96%);
- o aquecimento global aumenta com o aumento de ozono na troposfera (52%).

8.2.2.7 – Acerca do que faz diminuir o Aquecimento Global

- o uso de gasolinas sem chumbo atenua o aquecimento global (22%);
- o aquecimento global diminui se se plantarem mais árvores no mundo (92%).

8.2.2.8 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono

- o “buraco” de ozono corresponde a uma diminuição da camada de ozono (48%);
- o “buraco” de ozono é um buraco ou falha na camada de ozono (48%);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque o ozono protege-nos das radiações ultravioleta nocivas (87%);
- o “buraco” de ozono é mau para nós porque provoca o aquecimento global (4%);
- o “buraco” de ozono prejudica a saúde (30%);
- o “buraco” de ozono prejudica a vida na Terra (13%);
- o “buraco” de ozono prejudica a pele (13%);
- o “buraco” de ozono prejudica os ecossistemas (4%);
- o “buraco” de ozono provoca o cancro (sem especificarem de que tipo) (9%);
- o “buraco” de ozono provoca o cancro de pele (22%);
- o “buraco” de ozono provoca cataratas (4%);

- o “buraco” de ozono provoca alterações genéticas (4%).

8.2.2.9 – Acerca do que causa a Degradação da Camada de Ozono

- os CFCs (74%);
- gases, sem especificarem quais (9%);
- o dióxido de carbono (9%);
- os gases de estufa (4%);
- a desflorestação (4%);
- a reacção do oxigénio com os CFCs (4%);
- a reacção do ozono com os CFCs (17%);
- a reacção do ozono com os átomos de cloro provenientes dos CFCs (17%);
- a reacção do ozono com radicais livres libertados pelos CFCs, não os referindo em concreto (4%).

8.2.2.10 – Acerca do que pode diminuir a Degradação da Camada de Ozono

- a diminuição da emissão dos CFCs (87%);
- a diminuição da emissão de gases destruidores do ozono, sem referirem quais (9%);
- a diminuição da emissão dos gases promotores do efeito de estufa (4%).

8.2.2.11 – Acerca dos efeitos da Degradação da Camada de Ozono

- o aumento da degradação da camada de ozono faz chegar mais raios ultravioleta à Terra (100%).

8.2.2.12 – Acerca do que faz aumentar a Degradação da Camada de Ozono

- a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento de CO₂ na atmosfera (0%);
- a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento dos CFCs na atmosfera (100%).

8.2.2.13 – Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono

- a degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global (0%);
- a degradação da camada de ozono provoca o aquecimento global (0%).

8.2.2.14 – Acerca da emissão de radiação

- o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta (96%);
- a Terra emite radiação visível e ultravioleta (4%);
- a Terra emite radiação infravermelha (96%).

8.3 – Conclusão

É de referir que no debate final alguns alunos tiveram dificuldade em considerar que o agravamento do efeito de estufa não se devia à degradação da camada de ozono. Os resultados dos questionários indicam que só um aluno permanecia com esta dificuldade pois considerou que “a degradação da camada de ozono era má porque provocava o aquecimento global”. Isto parece indicar que o debate final contribuiu para resolver esta dificuldade para a maioria dos alunos. No entanto, nenhum aluno considerou verdadeira a afirmação: “O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono”, mas cerca de um terço dos alunos, classificou como verdadeira a afirmação: “O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à Terra”. Estes resultados mostram que devemos olhar com optimismo moderado a contribuição do debate final na resolução desta dificuldade.

É também de referir que no debate final alguns alunos tiveram dificuldade em considerar que o ozono na troposfera pudesse ter origem antropogénica e que os protectores solares actuassem por absorção de radiação ultravioleta. Estes aspectos não estavam contemplados nos questionários pelo que não foi possível identificar se essas dificuldades persistiram para além do debate final.

No final da Fase II foi possível concluir, através dos resultados obtidos no debate final e nos questionários, que a maioria dos alunos da Fase II deste estudo apresenta ideias sobre o aquecimento global, efeito de estufa e degradação da camada de ozono que se enquadram no Modelo Educacional (Anexo 1), portanto com um nível adequado ao 12º ano, o que parece indicar que esta metodologia de ensino resultou.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

9.1 – Avaliação da aprendizagem

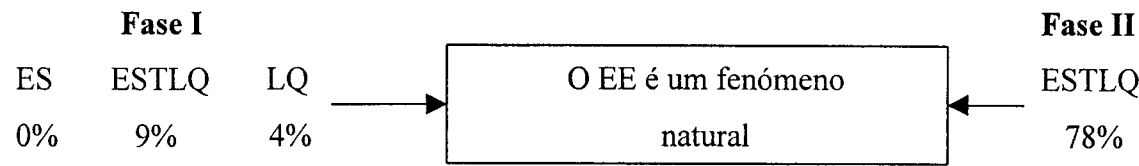
A maioria dos alunos da Fase II apresentou ideias sobre os temas em estudo que se enquadravam no Modelo Educacional, portanto com um nível adequado ao 12º ano, o que parece indicar que esta metodologia de ensino resultou. A comparação entre as respostas dos alunos aos questionários na Fase I e na Fase II permite ainda concluir que estes alunos apresentaram resultados significativamente melhores, nomeadamente quando se comparam estes resultados com os obtidos pelos alunos LQ (futuros professores de Química) que fizeram parte do estudo.

Esta comparação vai ser apresentada em função dos temas: Efeito de estufa, Aquecimento Global e Degradação da Camada de Ozono.

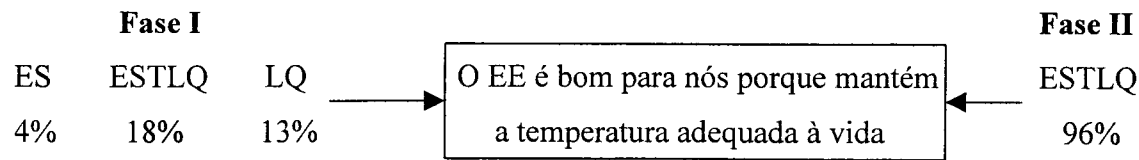
Relembra-se que a amostra corresponde a 27 alunos ES, 22 alunos ESTLQ e 23 alunos LQ na Fase I e 23 alunos ESTLQ na Fase II.

9.1.1 – Acerca do Efeito de Estufa

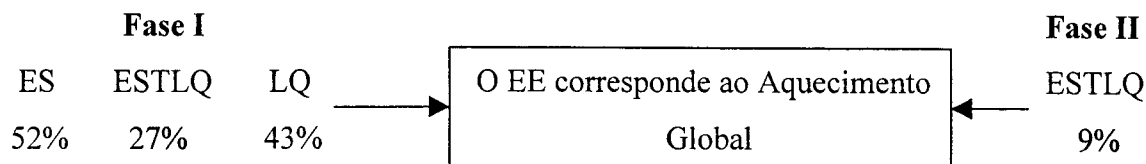
A maioria dos alunos da Fase II considera que o efeito de estufa é um fenómeno natural enquanto que a maioria dos alunos da Fase I não pensa assim.



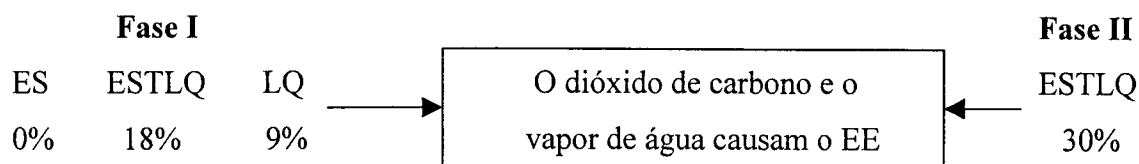
A quase totalidade dos alunos da Fase II refere que o efeito de estufa é bom para nós, porque ele é o responsável por manter a temperatura da Terra amena permitindo assim a existência de vida tal qual a conhecemos. Poucos alunos da Fase I têm a mesma opinião.



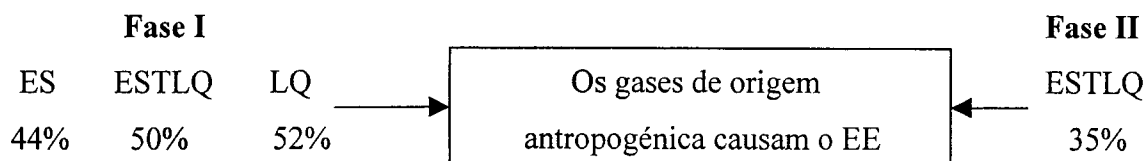
Poucos alunos da Fase II confundem o Efeito de Estufa com o Aquecimento Global mas o mesmo não acontece com os alunos da Fase I.



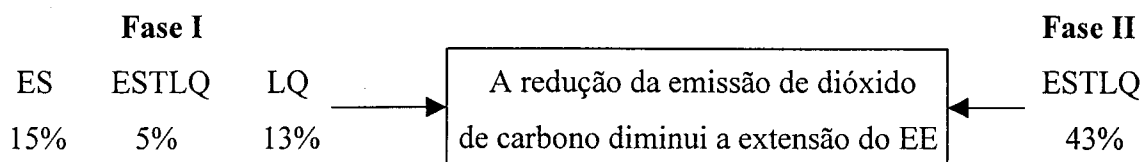
Mais alunos da Fase II, relativamente à Fase I, indicam o dióxido de carbono e o vapor de água como a causa do efeito de estufa.



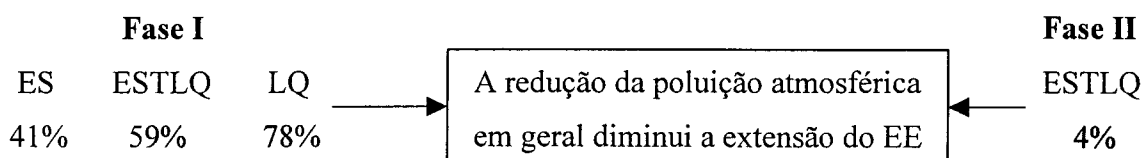
Apenas cerca de um terço dos alunos da Fase II, mas cerca de metade dos alunos da Fase I, consideram os gases de origem antropogénica (poluição na Fase I) como a causa do efeito de estufa.



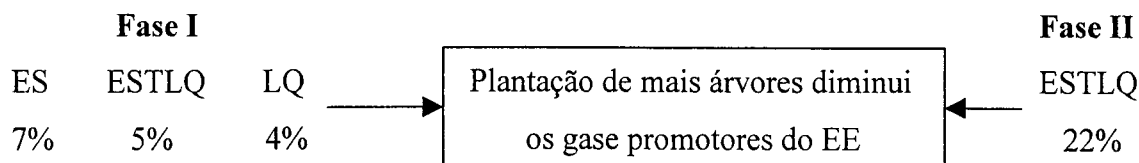
Cerca de metade dos alunos da Fase II é capaz de referir a redução das emissões de dióxido de carbono como forma de diminuir a extensão do efeito de estufa. Poucos alunos da Fase I são capazes de o fazer.



A maioria dos alunos da Fase I menciona que se pode reduzir o efeito de estufa diminuindo a poluição atmosférica em geral o que sugere que esses alunos consideram o efeito de estufa como uma dimensão dessa mesma poluição. Esta ideia só ocorre para um reduzido número de alunos da Fase II.

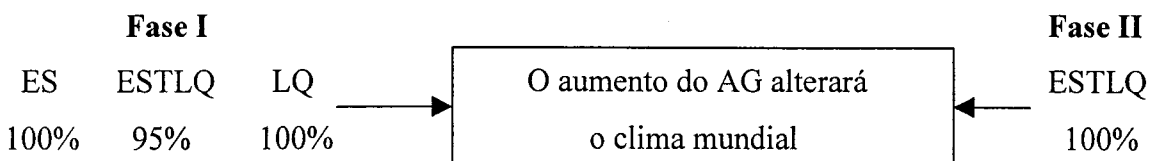


A plantação de mais árvores é apontada por mais alunos da Fase II, relativamente à Fase I, como uma das acções possíveis para a redução da quantidade de gases promotores de efeito de estufa.

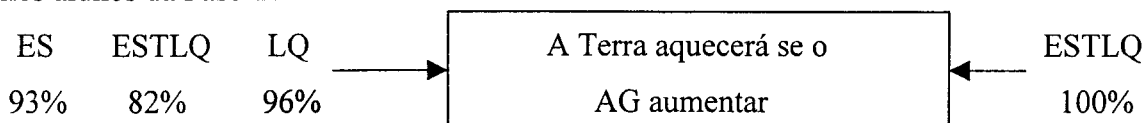


9.1.2 – Acerca do Aquecimento Global

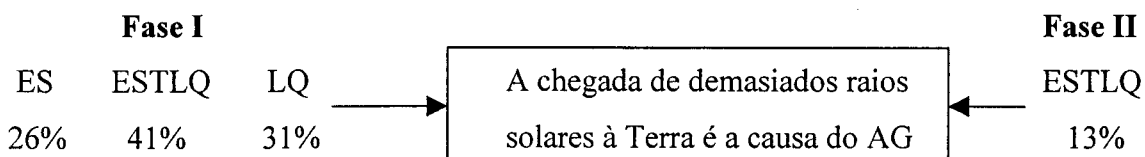
A ideia de que o aquecimento global provoca alterações no clima é tão popular na Fase I como na Fase II.



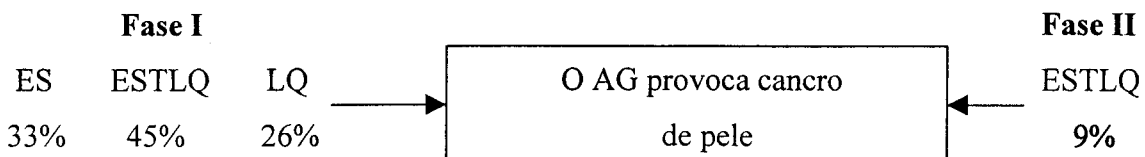
A ideia de que a Terra aquecerá se o aquecimento global aumentar está mais enraizada nos alunos da Fase II.



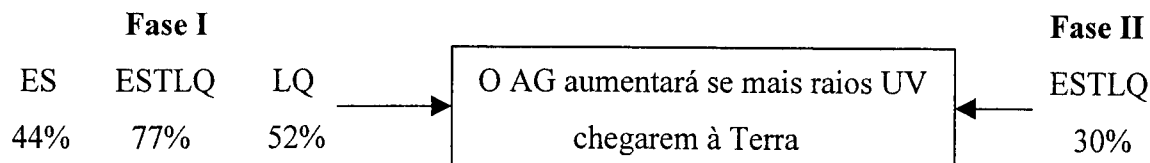
Menos alunos da Fase II, relativamente à Fase I, referem que a chegada de demasiados raios solares à Terra é a causa do aquecimento global.



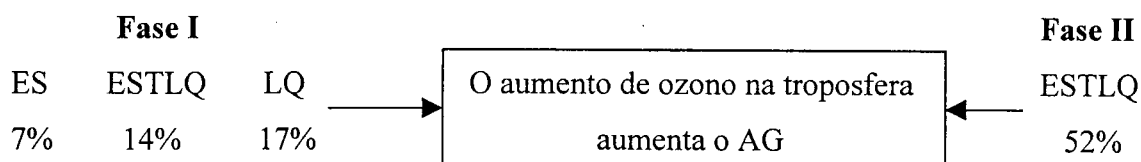
Menos alunos da Fase II, relativamente aos da Fase I, confundem os efeitos do aquecimento global com os efeitos da degradação da camada de ozono, quando indicam que o Aquecimento Global provoca cancro de pele.



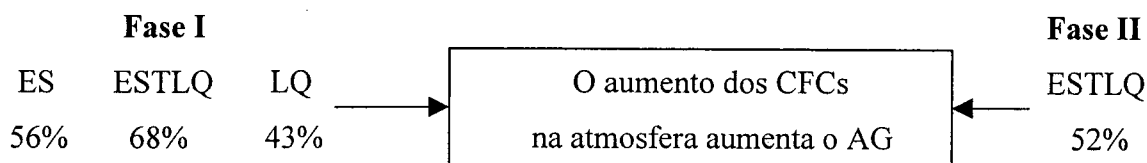
A relação entre o aquecimento global e a degradação da camada de ozono é estabelecida implicitamente por menos alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, quando consideram que o aquecimento global aumentará se mais raios ultravioleta chegarem à Terra.



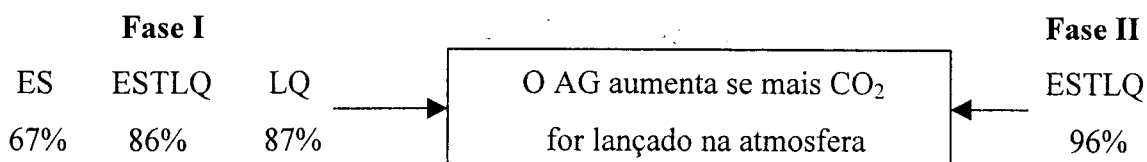
Mais alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, referem que o aquecimento global aumenta com o aumento de ozono na troposfera.



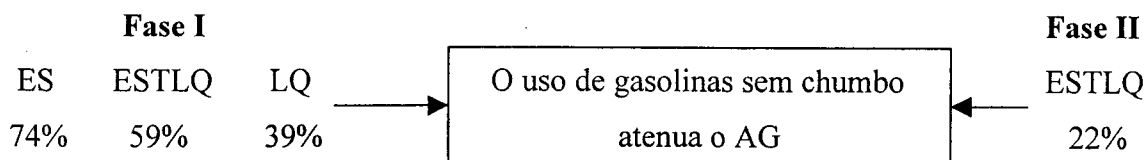
Cerca de metade dos alunos de ambas as Fases indica que o aumento dos CFCs na atmosfera aumenta o aquecimento global.

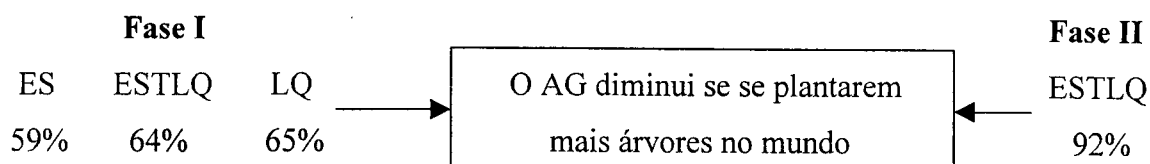


Mais alunos da Fase II, relativamente aos da Fase I, mencionam que o aquecimento global aumenta se mais dióxido de carbono for lançado na atmosfera.



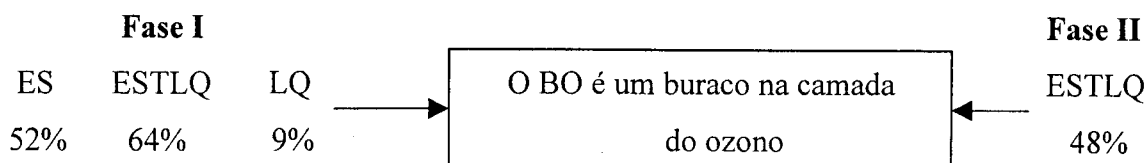
O uso de gasolina sem chumbo, como forma de atenuar o aquecimento global é referido por menos alunos da Fase II, enquanto que a plantação de mais árvores no mundo como forma de diminuir o aquecimento global é indicado por mais alunos da Fase II. Pode-se concluir que os alunos da Fase II são mais conhecedores daquilo que faz diminuir o aquecimento global que os alunos da Fase I.



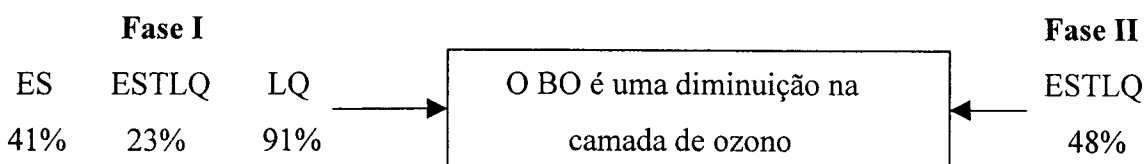


9.1.3 – Acerca da Degradação da Camada de Ozono

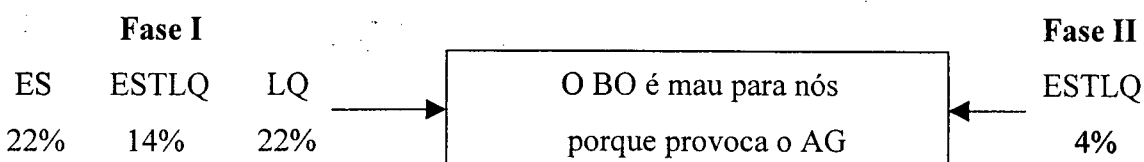
Cerca de metade dos alunos da Fase II considera que o “buraco” de ozono é mesmo um buraco em vez de uma diminuição da quantidade de ozono na atmosfera. Resultado semelhante foi encontrado para os alunos da Fase I, excepto para os alunos LQ.



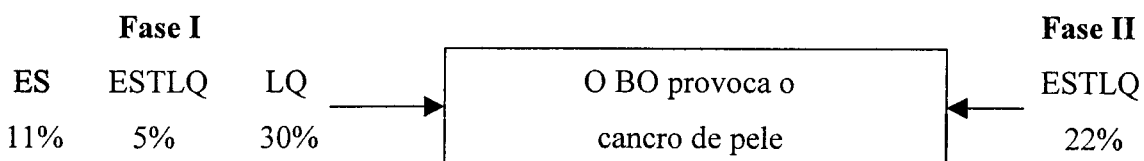
Cerca de metade dos alunos da Fase II refere que o “buraco” de ozono corresponde a uma diminuição da camada de ozono o que é um número superior ao encontrado para os alunos da Fase I, excepto para os alunos LQ.



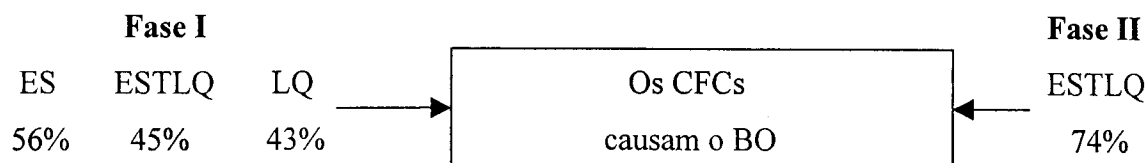
Menos alunos da Fase II, relativamente à Fase I, indicam que a degradação da camada de ozono é má para nós porque provoca o aquecimento global.



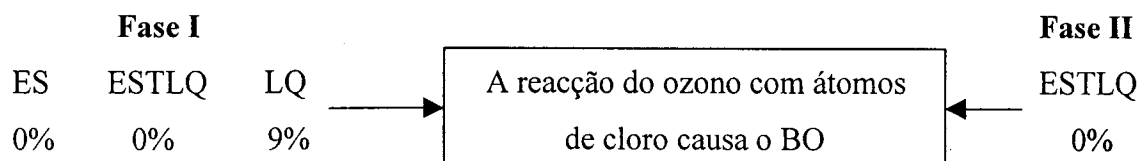
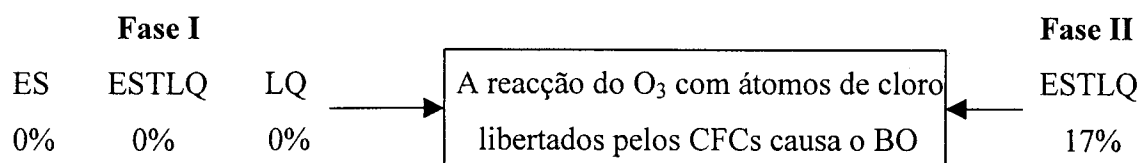
O cancro de pele é mencionado como um efeito produzido pela degradação da camada de ozono por mais alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, excepto para os alunos LQ.



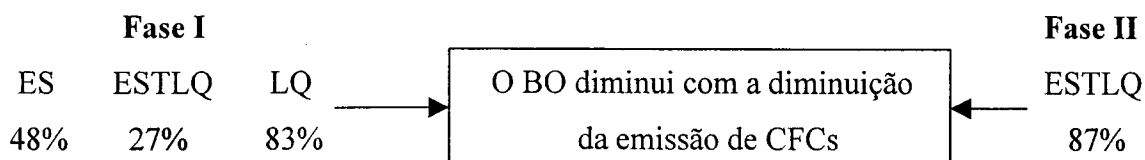
Mais alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, indicam que o que causa o “buraco” de ozono são os CFCs.



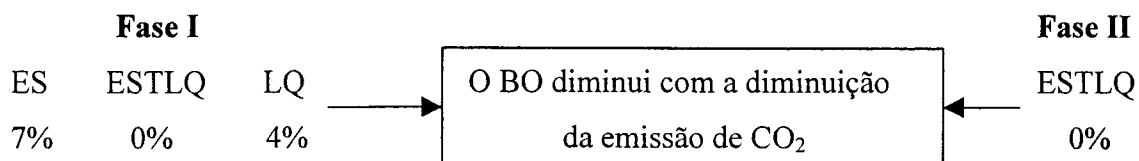
Alguns alunos da Fase II são capazes de referir a reacção do ozono com átomos de cloro provenientes dos CFCs como a causa do “buraco” de ozono enquanto que apenas alguns alunos LQ, da Fase I, mencionam a reacção do ozono com os átomos de cloro mas sem indicarem a sua proveniência.



A maioria dos alunos da Fase II refere, como forma de fazer diminuir o “buraco” de ozono, a diminuição da emissão de CFCs para a atmosfera. Só para os alunos LQ da Fase I aparecem valores semelhantes.

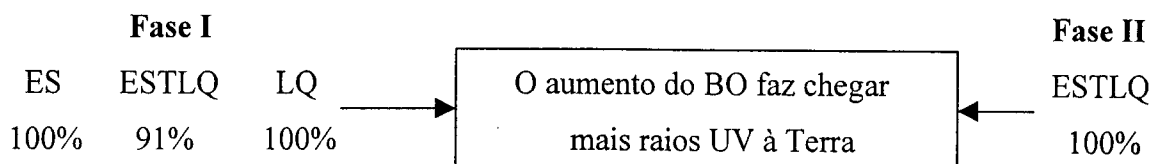


Alguns alunos da Fase I indicam que se pode diminuir a degradação da camada de ozono diminuindo a emissão de dióxido de carbono enquanto que nenhum aluno da Fase II apresenta esta ideia.

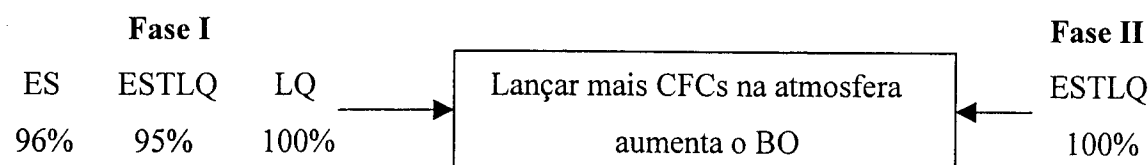


A totalidade dos alunos de ambas as Fases, excepto os alunos ESTLQ da Fase I, consideram que o aumento da degradação da camada de ozono faz chegar mais raios

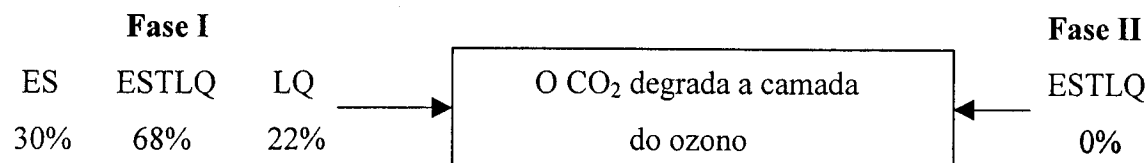
ultravioleta à Terra. Os alunos de ambas as Fases são conhecedores deste efeito da degradação da camada de ozono.



A totalidade dos alunos da Fase II e dos alunos LQ da Fase I, bem como a maioria dos alunos ES e ESTLQ da Fase I, refere que a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento dos CFCs na atmosfera.

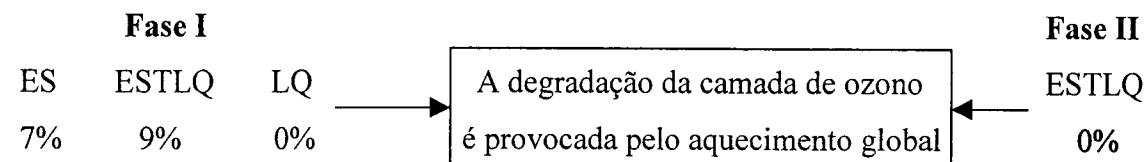


Nenhum aluno da Fase II indica que a degradação da camada de ozono aumenta com o aumento de dióxido de carbono na atmosfera enquanto que na Fase I, a maioria dos alunos ESTLQ e cerca de um terço dos alunos ES e LQ o consideram.

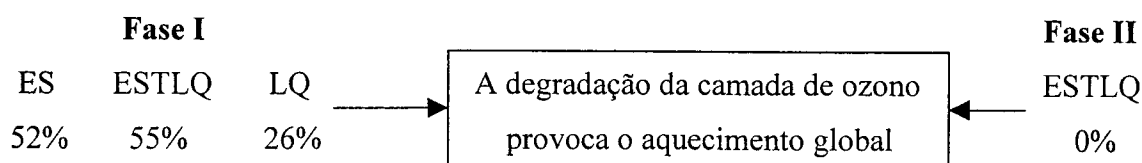


9.1.4 – Acerca da relação entre o Aquecimento Global e a Degradação da Camada de Ozono

Nenhum aluno da Fase II considera que a degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global, contrariamente a alguns alunos ES e ESTLQ da Fase I.

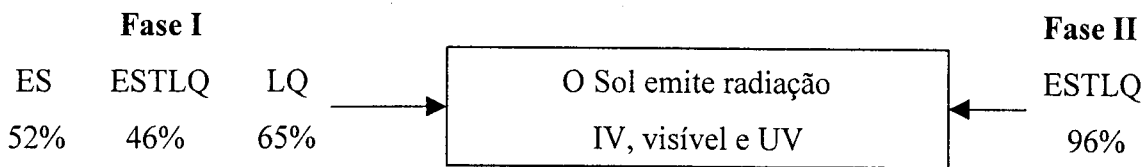


Nenhum aluno da Fase II refere que a degradação da camada de ozono provoca o aquecimento global enquanto que, mais de metade dos alunos ES e ESTLQ e cerca de um terço dos alunos LQ da Fase I, o fazem.

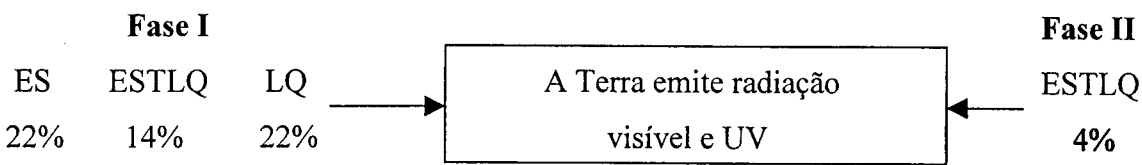


9.1.5 – Acerca da emissão de radiação

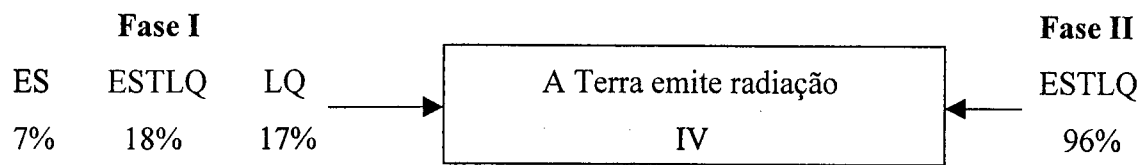
Mais alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, indicam que o Sol emite radiação infravermelha, visível e ultravioleta.



Menos alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, consideram que a Terra emite radiação visível e ultravioleta.



A maioria dos alunos da Fase II refere que a Terra emite radiação infravermelha enquanto que apenas uma minoria de alunos da Fase I o considera.



9.1.6 – Conclusões acerca da avaliação da aprendizagem

É de realçar uma diferença significativa nos resultados dos alunos da Fase II, relativamente aos alunos da Fase I, no que diz respeito aos fenómenos do efeito de estufa, do aquecimento global e da degradação da camada de ozono.

No que se refere ao efeito de estufa a maioria dos alunos da Fase II considerou que o efeito de estufa é um fenómeno natural que é bom para nós porque mantém a temperatura da Terra adequada à existência de vida. Poucos alunos confundiram o efeito de estufa com o aquecimento global. No entanto, a maioria dos alunos não foi capaz de indicar o conjunto de gases promotores do efeito de estufa.

No que se refere ao fenómeno do aquecimento global a maioria dos alunos da Fase II foram capazes de indicar que o aquecimento global aumenta com o aumento de dióxido de carbono, CFCs e ozono troposférico. A maioria desses alunos indicou como efeitos do aumento do aquecimento global, o aquecimento da Terra e a alteração do clima. A maioria dos alunos reconheceu que a plantação de mais árvores faz diminuir o aquecimento global. No entanto, alguns alunos, menos que na Fase I, consideraram que o uso de gasolina sem chumbo atenua o aquecimento global. Como usar gasolina sem chumbo é uma medida “amiga” do ambiente, os alunos podem tê-la associado com a diminuição do aquecimento global (Boyes e Stanisstreet, 1993).

No que se refere ao fenómeno da degradação da camada de ozono, a maioria dos alunos da Fase II considerou que o “buraco” de ozono é causado pelos CFCs, que o seu aumento faz chegar mais raios ultravioleta à Terra e que pode ser diminuído reduzindo o lançamento de CFCs para a atmosfera. É de referir que cerca de metade dos alunos da Fase II consideraram que o “buraco” de ozono é mesmo um buraco e a outra metade considerou que é uma diminuição da camada de ozono. A utilização da palavra “buraco” e do seu significado no quotidiano, pode estar na origem destes resultados. Quanto aos prejuízos que podem advir da degradação da camada de ozono, foram semelhantes os resultados encontrados para os alunos das duas Fases.

Os alunos da Fase II demonstraram um maior conhecimento da distinção dos fenómenos ambientais, aquecimento global e degradação da camada de ozono.

No que se refere às radiações envolvidas nestes fenómenos ambientais podemos concluir que a maioria dos alunos da Fase II foram capazes de indicar as radiações emitidas pelo Sol e a radiação emitida pela Terra, o que não aconteceu para os alunos da Fase I. Este conhecimento pode ter contribuído para a melhor compreensão dos fenómenos ambientais tratados.

Em conclusão, podemos dizer, quando se comparam os resultados obtidos nos questionários da Fase II com os da Fase I, que os da Fase II se apresentam significativamente melhores, nomeadamente quando se comparam estes resultados com os obtidos pelos alunos LQ (futuros professores de Química) que fizeram parte do estudo.

9.2 – Limitações do estudo

As limitações inerentes ao estudo realizado, resumidamente, foram as seguintes:

- a) O período de tempo para a realização das tarefas pedidas aos alunos na Fase II foi reduzido (especialmente na realização dos projectos e no debate final).
- b) Os questionários apresentaram algumas limitações. Foram utilizados questionários já usados noutros estudos, mas os resultados indicaram que deveriam incluir outras questões, referentes à origem antropogénica do ozono na troposfera e à forma de actuação dos protectores solares.
- c) O método de análise das respostas ao questionário aberto/fechado utilizado, é dependente do investigador devido à possibilidade de leitura múltipla de uma mensagem e à dificuldade na interpretação das descrições dos alunos por eles terem dificuldade em exprimirem as suas ideias.

9.3 – Implicações educacionais

Estes resultados aconselham que na prática pedagógica sejam tomados em consideração alguns aspectos:

- a) – Planeamento do ensino de um tema a partir do conhecimento das ideias dos alunos acerca do mesmo

Para promover a aprendizagem é importante que os alunos relacionem as novas ideias que lhes são apresentadas com o que conhecem. Isto exige a utilização de estratégias concebidas cuidadosamente que se baseiem no conhecimento das ideias dos alunos. Já Holt (1967) dizia: “begin with what children see, do and know, and have them talk and write about such things before trying to talk to them about things they do not know”, ou seja, “comece-se com o que as crianças vêem, fazem e sabem, e ponha-as a falar e a escrever acerca disso antes de tentar falar-lhes sobre o que não conhecem”.

b) – Utilização cuidadosa da linguagem

Os resultados deste estudo indicam que a utilização em Química de palavras que têm um significado diferente no quotidiano pode trazer dificuldades na aprendizagem. É o caso da utilização da palavra “buraco” significando “degradação” da camada de ozono. Solomon (1984) sugere que esta diferença de significado deve ser sublinhada para facilitar a discriminação entre os contextos em que as palavras são usadas.

c) – Utilização de trabalho de projecto

Numa metodologia de trabalho de projecto o aluno planeia e organiza o seu trabalho, realiza as suas pesquisas em função de propostas que lhe são apresentadas e para as quais se encontra intrinsecamente motivado para colaborar. Esta metodologia envolve o aluno em actividades em que este se sente particularmente envolvido e motivado. Esta motivação é essencial pois permite produzir uma auto-regulação da aprendizagem e uma actividade autónoma no sentido de alcançar essa aprendizagem (pró-actividade).

d) – Interligação dos conteúdos de diversas disciplinas

A interligação dos conteúdos de diversas disciplinas pode ser conseguida utilizando temas abrangentes onde seja possível interligar esses conhecimentos, contextualizando-os. Os planos de estudo dos cursos gerais e tecnológicos que constam dos princípios orientadores da próxima revisão curricular apontam para a inclusão de uma Área de Projecto/Projecto Tecnológico que deve ter uma natureza interdisciplinar e transdisciplinar e visa a realização de projectos concretos pelos alunos. Os temas ambientais parecem surgir como temas adequados à prossecução desses objectivos.

e) – Alteração de currículos

Tendo em conta a importância a nível mundial e a actualidade dos temas ambientais a que se refere este estudo, faz sentido que estes deixem de ser de estudo opcional e passem a constar dos programas do ensino básico e do ensino secundário com carácter de estudo obrigatório.

Pela mesma razão fará sentido incluir no currículo da licenciatura de Química – Ramo Educacional uma disciplina de Química Ambiental para que os futuros professores estejam devidamente inteirados de toda a problemática relativa a estes fenómenos ambientais.

ANEXOS

ANEXO

1

MODELO EDUCACIONAL

1 – O Aquecimento Global

O Aquecimento Global corresponde a um aquecimento gradual da Terra devido ao rápido crescimento, desde o período industrial, da produção e libertação para a atmosfera de gases como o dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, e outros. Esta subida da temperatura média da Terra acarretará alterações climáticas que, entre outros problemas, porão em risco a produção de recursos alimentares da Terra.

1.1 – A radiação solar

No espaço, a energia transfere-se de um lugar para o outro na forma de radiação electromagnética. Todo o fluxo de radiação se caracteriza por um espectro, que representa a energia associada a cada um dos distintos comprimentos de onda, ou a distintos fótons ou “quanta de luz”. Relativamente à forma como actua sobre a matéria, distinguem-se no espectro solar três segmentos: radiação ultravioleta, cujo comprimento de onda é inferior a 360 nm; a luz ou radiação visível, de comprimentos de onda intermédios entre a radiação ultravioleta e a radiação infravermelha (entre 360 e 760 nm), e a radiação infravermelha, com uma ampla gama de comprimentos de onda (desde 760 nm até quilómetros). De forma aproximada, a radiação ultravioleta corresponde a 9 % da energia total que vem do Sol, a luz ou radiação visível a 42 % e, por fim, a radiação infravermelha aos 49 % restantes (Margalef, 1992). Contrastando com isto, a energia térmica emitida pela superfície terrestre é caracterizada por possuir comprimentos de onda superiores a 4000 nm (região do infravermelho) devido à menor temperatura média da superfície (Chang, 1994).

1.2 – A atmosfera terrestre

A atmosfera terrestre é uma atmosfera quimicamente activa e com a seguinte composição média do ar seco, ao nível do mar:

Gás	Composição (% v/v)
N ₂	78,03
O ₂	20,99
Ar	0,94
CO ₂	0,033
Ne	0,0015
He	0,000524
Kr	0,00014
Xe	0,000006

Desta tabela foi excluída a água porque a sua concentração varia de local para local. Considera-se que a massa total da atmosfera é de cerca de $5,3 \times 10^{18}$ kg (Chang, 1994).

Normalmente divide-se a atmosfera em camadas distintas de acordo com a respectiva composição e com a variação da temperatura com a altitude (Fig. 1).

No sentido crescente da altitude podemos considerar a atmosfera dividida nas seguintes zonas: **troposfera** (estende-se desde a superfície da Terra até à tropopausa, situada entre os 10 e os 15 km de altitude dependendo da latitude e da época do ano); **estratosfera** (estende-se desde a tropopausa até à estratopausa situada a cerca de 45 a 55 km de altitude); **mesosfera** (estende-se desde a estratopausa até à mesopausa, situada a cerca de 80 a 90 km de altitude); **termosfera** (região acima da mesopausa que se estende até cerca de 500 km de altitude); **exosfera** (região acima dos cerca de 500 km de altitude) (Seinfeld et al, 1998).

A **troposfera** é a camada mais fina mas também mais activa da atmosfera. É uma zona da atmosfera com uma composição relativamente homogénea devido às correntes gasosas de convecção. Contém cerca de 80% da massa total de ar e praticamente todo o vapor de água. Esta elevada percentagem de vapor de água é responsável pela dispersão das radiações de menor comprimento de onda do espectro solar (componente azul da luz solar) o que faz com que se veja o céu azul. A temperatura decresce quase linearmente com a altitude até à tropopausa (zona de temperaturas da ordem de -50 °C a -60 °C) onde se formam as nuvens que funcionam como tampão de temperatura devido à capacidade calorífica da água. Os fenómenos meteorológicos como o vento, a chuva, a neve, os furacões e os relâmpagos que definem o estado do tempo verificam-se todos na troposfera (Chang, 1994; Seinfeld et al, 1998).

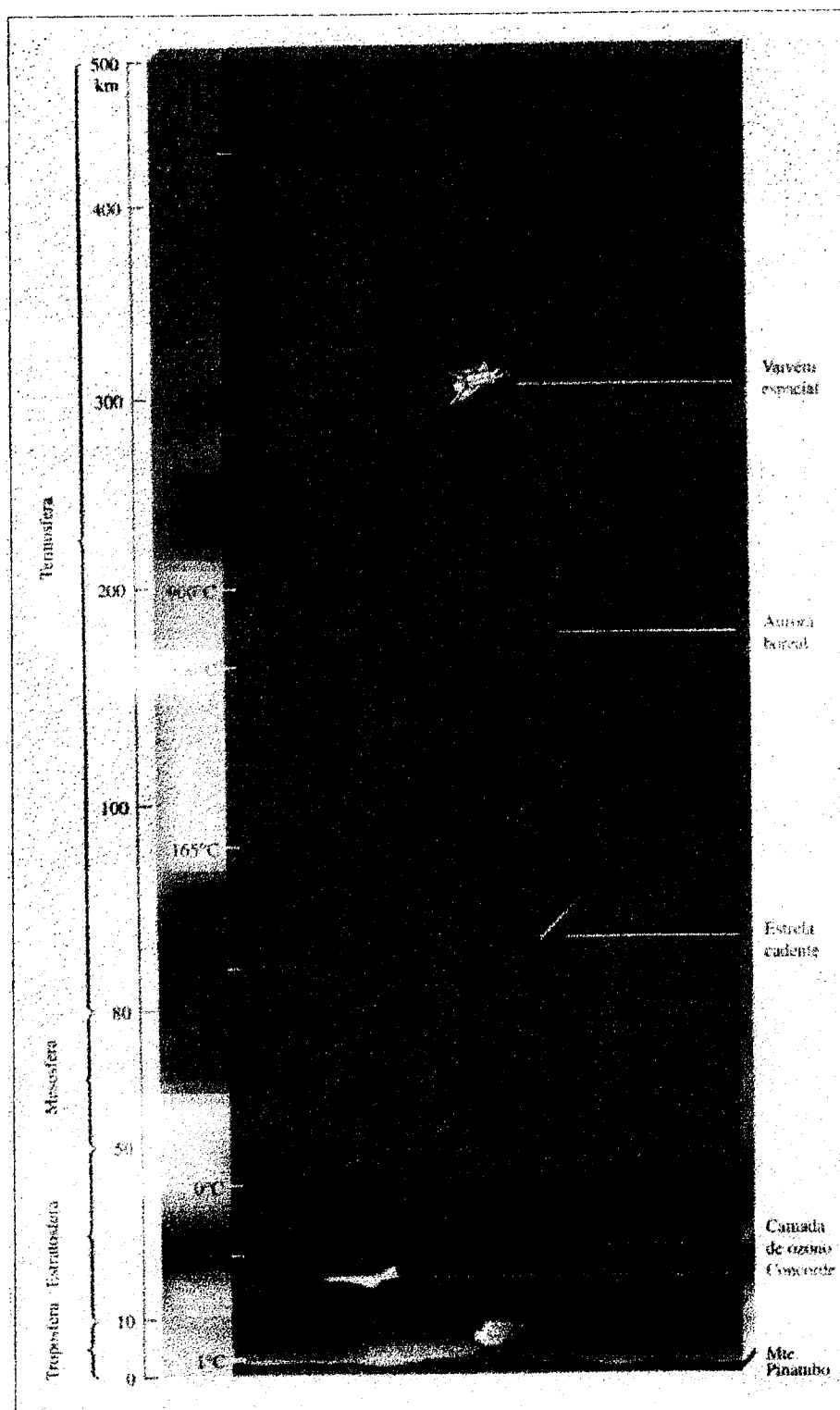


Fig. 1 – As várias regiões da atmosfera (fonte: Chang, 1994)

A *estratosfera* é constituída por azoto, oxigénio e ozono. É uma zona de temperaturas negativas que vão crescendo com a altitude como resultado de reacções exotérmicas despoletadas pela radiação ultravioleta proveniente do Sol. Um dos produtos dessa sequência

de reacções é o ozono (O_3) que por absorver radiação ultravioleta impede que os raios ultravioleta nocivos atinjam a superfície terrestre, permitindo a vida na Terra (Chang, 1994; Seinfeld et al, 1998).

Em conjunto, a *troposfera* e a *estratosfera* são designadas por baixa atmosfera cujo estudo constitui a meteorologia.

A *mesosfera* é uma zona da atmosfera onde a temperatura diminui com o aumento da altitude atingindo na mesopausa o ponto mais frio da atmosfera. A concentração de ozono e outros gases é baixa pelo que a mesosfera apresenta uma densidade muito baixa e baixa actividade química (Chang, 1994; Seinfeld et al, 1998).

A *termosfera* é uma zona em que a temperatura aumenta com a altitude, de densidade muito baixa mas grande actividade química. As temperaturas relativamente elevadas são o resultado da absorção de radiação de baixo comprimento de onda por moléculas de O_2 , de N_2 e de espécies atómicas, devido a serem bombardeadas por partículas de energia elevada, tais como electrões e prótons provenientes do Sol. Deste modo são criadas *ionosferas* que são camadas reflectoras de ondas de rádio importantíssimas nas comunicações. As reacções inversas das referidas libertam uma quantidade equivalente de energia, sobretudo na forma de calor (Chang, 1994).

A *exosfera* é a região mais exterior da atmosfera, de densidade extremamente baixa, onde existem prótons e electrões em estado de plasma e onde é acusada a presença do *vento solar*. Para esta zona não se pode falar em mistura de gases mas em vários componentes que se encontram na forma iónica dos quais o hidrogénio é o componente principal e que podem escapar à força de gravidade da Terra desde que tenham energia suficiente (Simões et al, 1998; Saraiva, 1995).

1.3 – A energia da terra e da atmosfera

O clima da Terra é controlado pela quantidade de radiação solar interceptada pelo planeta e pela fracção desta energia que é absorvida.

A energia solar recebida pela Terra é, na sua maior parte, absorvida por esta, sendo a restante, parte dela reflectida pela atmosfera para o espaço e outra parte absorvida pela própria atmosfera. A Terra, após absorver a energia solar, reemite energia (senão estaria permanentemente a aquecer) sob a forma de energia de comprimentos de onda na gama das radiações infravermelhas. Gases da atmosfera capazes de absorver radiação infravermelha

(como, por exemplo, CO_2) absorvem a maior parte (sendo a restante perdida para o espaço), e reemitem-na em todas as direcções. Parte desta energia é reemitida em direcção ao espaço exterior e parte em direcção à superfície da Terra. Este reenvio de energia radiante para a superfície terrestre traduz-se num aumento da temperatura superficial que, sem este efeito, seria mais baixa (Chang, 1994; Simões et al, 1998; Saraiva, 1995) (Fig. 2).

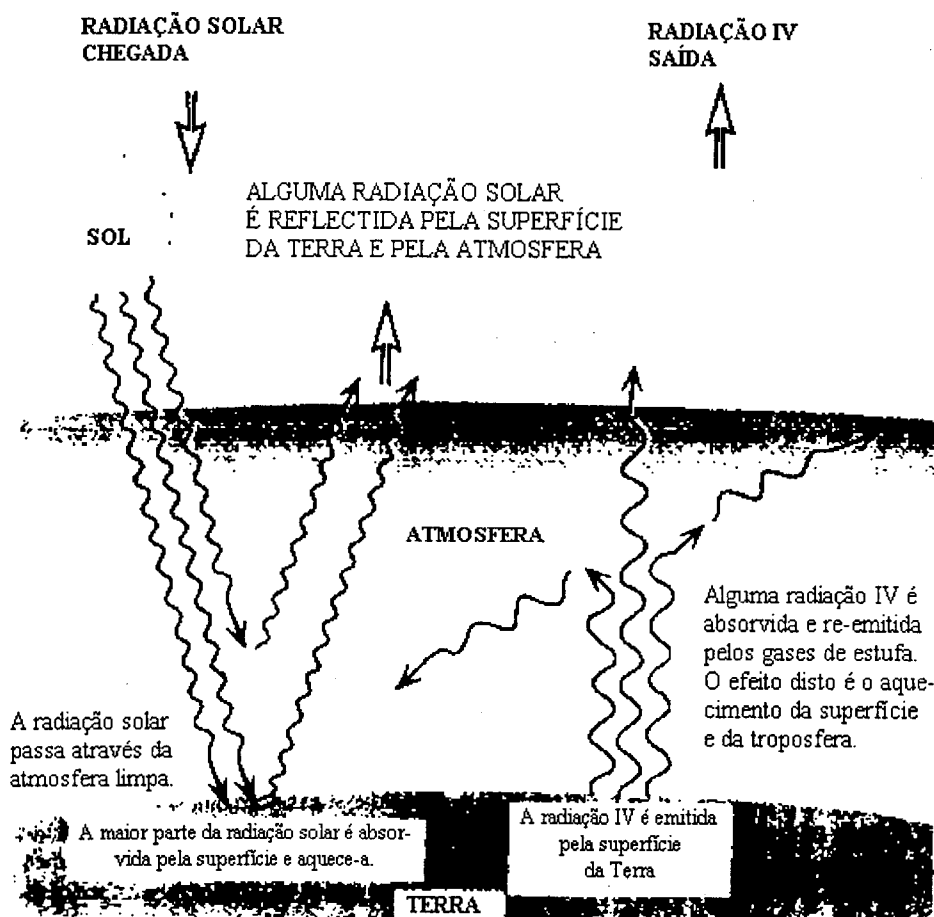


Fig. 2 – Balanço Global de energia da Terra (Fonte: Seinfeld et al, 1998)

1.4 – O efeito de estufa

Tal como qualquer outro corpo aquecido, a Terra emite energia. A energia emitida não é radiação visível nem radiação ultravioleta mas sim infravermelha com comprimentos de onda compreendidos entre 4 e 50 μm (esta região é chamada **infravermelha térmica**) (Baird, C., 1995).

Alguns gases componentes do ar podem temporariamente absorver radiação infravermelha térmica de comprimentos de onda específicos, e assim, nem todos os raios infravermelhos emitidos pela superfície da Terra e atmosfera escapam directamente para o espaço. Pouco depois da sua absorção por moléculas do ar tais como CO₂, esta radiação infravermelha é reemitida em todas as direcções – de forma totalmente aleatória. Assim alguma radiação infravermelha térmica é redirigida na direcção da superfície da Terra, é reabsorvida, e consequentemente aquece mais quer a superfície quer o ar. Este fenómeno, de redireccionamento da radiação infravermelha térmica na direcção da Terra, é chamado de **efeito de estufa**, sendo responsável pela média das temperaturas na superfície da Terra ser + 15 °C em vez de -15 °C, que seria a temperatura que teríamos se não houvesse atmosfera. O facto de o nosso planeta não ser inteiramente coberto por uma espessa camada de gelo deve-se ao funcionamento natural do efeito de estufa. A superfície é muito mais aquecida por este mecanismo do que pela energia solar que recebe directamente! A atmosfera opera da mesma forma que um cobertor, retendo sob a região imediata algum do calor libertado por um corpo e, desta forma, aumentando a temperatura local (Baird, C., 1995).

O efeito de estufa natural impede que o calor se perca para o espaço tornando o nosso planeta apto para o crescimento e a vida dos organismos vivos já que se mantém a uma temperatura que é adequada para as plantas, animais e pessoas viverem (Ledley et al, 1999).

Alguns gases presentes naturalmente na atmosfera terrestre, principalmente vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), e ozono (O₃), são os responsáveis pelo efeito de estufa e por isso se designam por **gases promotores do efeito de estufa** (Ledley et al, 1999).

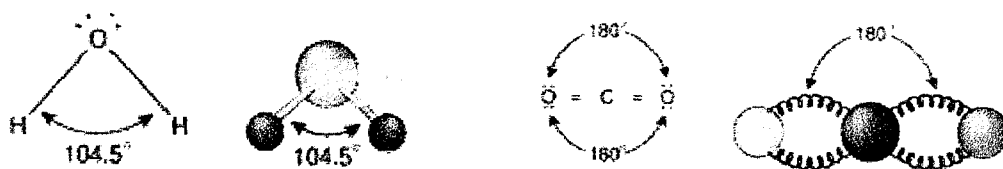
1.5 - A interacção da radiação com a matéria no efeito de estufa

A radiação infravermelha reflectida pela superfície terrestre pode ser absorvida pela água e pelo dióxido de carbono mas não pelo azoto ou oxigénio. Isto fica a dever-se a diferenças na vibração molecular. Mesmo a baixas temperaturas, todas as moléculas vibram e as energias associadas à vibração molecular estão quantizadas. Para que ocorra o aumento da energia de vibração de uma molécula é necessário que esta absorva um fóton de um comprimento de onda específico na região do infravermelho. Para que a transição ocorra é necessário que haja alteração no valor do momento dipolar ($\mu = q \times r$, ou seja, o momento dipolar é definido como o produto da carga q pela distância entre as cargas r) da molécula no decurso da vibração.

Em moléculas homonucleares como O_2 e N_2 o momento dipolar é nulo, independentemente da distância a que os dois átomos se encontrem, pelo que não é possível que haja variação no momento dipolar. Neste caso estas moléculas são inativas no infravermelho e não absorvem radiação infravermelha.

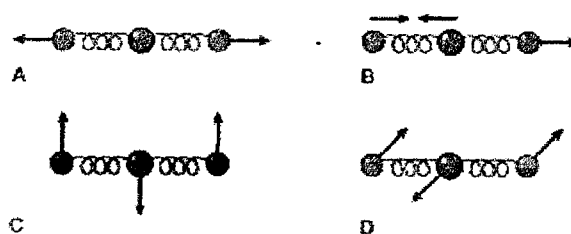
Moléculas diatómicas heteronucleares já se tornam activas no infravermelho pois todas elas podem absorver radiação infravermelha já que, como são polares apresentam momentos dipolares não nulos, e estes variam constantemente à medida que variam os comprimentos de ligação no decurso de uma vibração.

Moléculas poliatómicas podem vibrar de várias maneiras diferentes.



(Fonte: Internet – Group Projects 1996: *Group 1. Global Warming*)

A água é uma molécula angular polar e o dióxido de carbono é uma molécula linear apolar. A água pode vibrar de três maneiras diferentes enquanto que o CO_2 pode vibrar de quatro maneiras diferentes:



(Fonte: Internet – Group Projects 1996: *Group 1. Global Warming*)

Em A os átomos terminais deslocam-se sempre simetricamente em relação ao centro de gravidade pelo que não há criação de momento dipolar. Já em qualquer uma das outras três formas de vibração há variação do momento dipolar sendo por isso qualquer uma delas activa no infravermelho.

Se um fóton da zona do infravermelho, de comprimento de onda adequado for reflectido da superfície da Terra e encontrar um destes gases promotores do efeito de estufa ele irá provocar a transição energética responsável pela vibração da molécula ficando esta

vibracionalmente excitada. Estas moléculas vibram até regressarem ao estado fundamental o que ocorre rapidamente perdendo essa energia quer por colisão com outras moléculas quer por emissão espontânea de radiação, sendo parte dela emitida para o espaço exterior e outra parte retorna à superfície da Terra (Baird, C., 1995; Chang, 1994).

1.6 – O agravamento do efeito de estufa

O fenómeno que preocupa os cientistas ambientais é o aumento da concentração de gases vestigiais no ar que absorvem radiação infravermelha térmica que resultará no aumento da temperatura média da superfície para além dos 15 °C. Este fenómeno é referido como o **agravamento do efeito de estufa**, para o distinguir do efeito de estufa natural que opera há milénios (Baird, C., 1995).

O **agravamento do efeito de estufa** que tem causado um aquecimento gradual da Terra é usualmente referido como **aquecimento global**.

1.7 - Contribuição para o aquecimento global de gases promotores do efeito de estufa

Os principais gases promotores do efeito de estufa, cuja concentração tem vindo a aumentar desde o período pré-industrial, são: o vapor de água (H₂O), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), o ozono (O₃) e os clorofluorocarbonetos (CFC-11, CCl₃F e CFC-12, CCl₂F₂) (Ledley et al, 1999).

1.7.1 – O vapor de água

O vapor de água (H₂O) é o gás promotor de efeito de estufa mais comum e mais importante da atmosfera terrestre, sendo no entanto menos eficiente a absorver calor do que o CO₂. À medida que a temperatura da Terra aumenta, aumenta também a quantidade de vapor de água armazenado na atmosfera porque as altas temperaturas aumentam quer a evaporação quer a capacidade do ar em reter o vapor de água. A pressão de vapor no equilíbrio da água líquida, e, consequentemente, a concentração máxima de vapor de água no ar, aumenta exponencialmente com a temperatura. Logo, a quantidade de radiação infravermelha redireccionada pela água é também um resultado do próprio aquecimento global induzido por outros gases de estufa e irá ampliar o aumento de temperatura. Por isso mesmo, a contribuição da água para o aquecimento global é geralmente incorporada nos efeitos de aquecimento dos

outros gases já que essa contribuição aparece como consequência indirecta do aumento das quantidades desses gases.

Apesar das gotas de água nas nuvens absorverem radiação infravermelha, essas mesmas nuvens também reflectem alguma radiação solar incidente, radiação ultravioleta e visível, de volta para o espaço. Ainda não está claro se este aumento de nuvens produzido pelo aumento do conteúdo atmosférico em água terá um contributo positivo ou negativo para o aquecimento global (Baird, C., 1995; Burton et al, 1994).

1.7.2 – O dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO_2) é proveniente dos processos naturais da vida animal e vegetal, e da degradação e queima de combustíveis e outros materiais que o libertam para a atmosfera. É removido da atmosfera através da fotossíntese das plantas e da absorção pelos oceanos (Ledley et al, 1999).

Apesar do CO_2 ser apenas um gás vestigiário na atmosfera terrestre, com uma concentração de cerca de 0,033% em volume ele desempenha um importante papel no controle do nosso clima.

O ciclo do Carbono representado na Fig. 3 mostra como é essencial a entrada e saída do CO_2 da atmosfera.

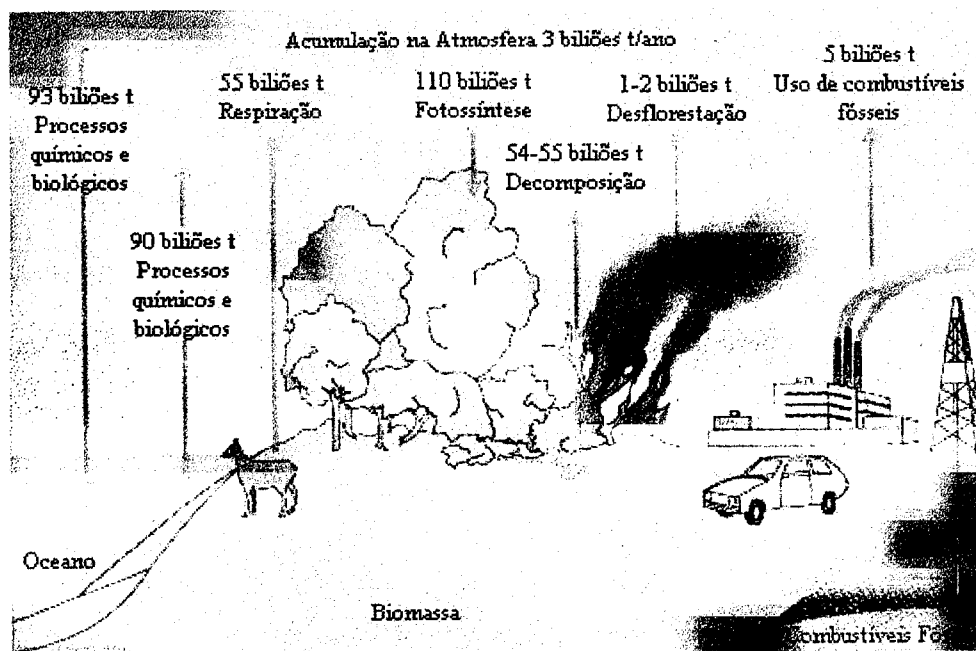
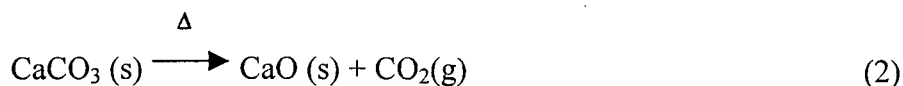
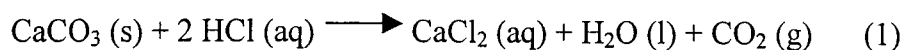


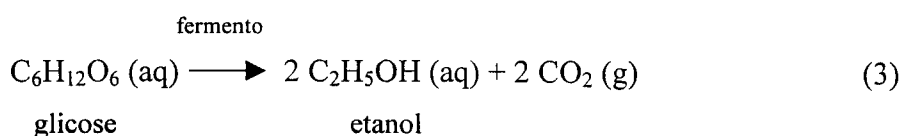
Fig. 3 – O ciclo do Carbono

(Fonte: Internet – Group Projects 1996: *Group 1. Global Warming*)

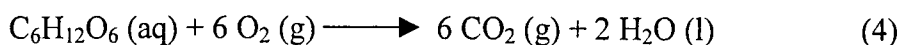
O CO₂ produz-se na combustão de qualquer forma de carbono ou de compostos que contenham carbono desde que estejam numa atmosfera com excesso de oxigénio. Todos os carbonatos libertam CO₂ quando reagem com ácido e muitos deles libertam-no quando aquecidos:



Também há produção de CO₂ durante a fermentação do açúcar:

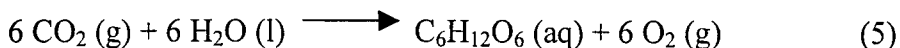


e os animais no seu metabolismo, consomem os hidratos de carbono e outras moléculas orgânicas complexas que contêm átomos de C, libertando-se CO₂ na respiração, como produto final do metabolismo:



Os próprios vulcões constituem também uma das principais fontes de CO₂ na atmosfera.

A remoção de CO₂ da atmosfera é feita pelas plantas fotossintéticas e por certos organismos:



Após a morte quer das plantas quer dos animais ocorre a sua decomposição pelos microorganismos do solo sendo o C dos seus tecidos oxidado a CO₂ que regressa à atmosfera.

De referir ainda que existe um equilíbrio dinâmico entre o CO₂ atmosférico e os carbonatos nos oceanos e lagos, contendo os oceanos carbono numa quantidade 50 vezes superior à existente na atmosfera (Chang, 1994).

O aumento de CO₂, observado na atmosfera desde a era pré-industrial até à actualidade é proveniente em larga escala da combustão de combustíveis fósseis e da produção de

cimento (Ledley et al, 1999). Este aumento de CO_2 é também devido ao abate de florestas e respectiva queima para obtenção de terras para cultivo efectuado ao longo dos últimos séculos contribuindo com $\frac{1}{4}$ do CO_2 libertado antropogenicamente, cabendo os outros $\frac{3}{4}$, na sua maioria, à queima de combustíveis fósseis. Na Fig. 4 observa-se a evolução temporal da concentração de CO_2 em Mauna Loa, provocada pela entrada e saída de CO_2 dos ecossistemas terrestres, e também, em menor escala, dos processos oceânicos. Nela é possível constatar, sem dúvida, um aumento da concentração de CO_2 na atmosfera.

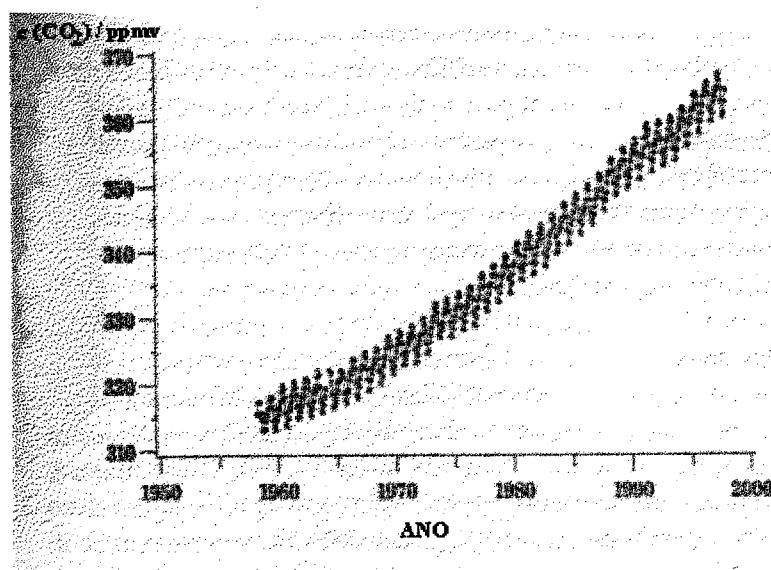


Fig. 4 – Concentrações de CO_2 medidas em Mauna Loa, Hawai de 1958 a 1997
(Fonte: Christianson, 1999)

Cerca de metade das emissões antropogénicas de CO_2 acabam por encontrar um destino; uma quantidade apreciável é removida da atmosfera por dissolução na água do mar. No entanto, os cerca de 100 metros da parte superior do mar misturam-se muito lentamente com as águas mais profundas, e o CO_2 recentemente dissolvido leva centenas de anos a penetrar nas profundezas do oceano e a precipitar como carbonato de cálcio. Consequentemente, mesmo que os oceanos possam, em última análise, dissolver muito do CO_2 aumentado no ar, a escala de tempo é muito longa e por isso o gás continua a acumular-se na atmosfera (Baird, C., 1995).

1.7.3 – O metano

O metano (CH_4), a seguir ao CO_2 e à água, é também um importante gás promotor do efeito de estufa. A molécula de metano contém quatro ligações C-H. Embora as vibrações de estiramento das ligações C-H ocorram fora da região do infravermelho, as vibrações correspondentes à alteração dos ângulos de ligação (HCH) já absorvem nessa zona e, por isso, o metano absorve radiação infravermelha (Baird, C., 1995).

A concentração atmosférica de CH_4 aumentou desde a era pré-industrial até à actualidade. Os aumentos das fontes de CH_4 resultantes dos combustíveis fósseis, dos arrozais, das agro-pecuárias, da degradação dos lixos (na ausência de oxigénio) e ainda dos pântanos são significativos (Ledley et al, 1999).

Até à data estima-se que o metano tenha contribuído para 1/3 do aquecimento global quando comparado com a contribuição do CO_2 . Ele é mais eficiente a absorver calor do que o CO_2 e a H_2O (cerca de 23 vezes mais que o CO_2) o que faz dele um poderoso gás promotor de efeito de estufa (Baird, C., 1995).

1.7.4 – O óxido nitroso

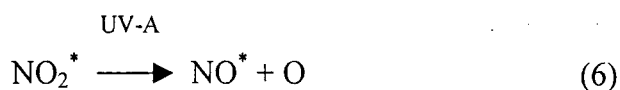
O óxido nitroso (N_2O) ou gás hilariante é um importante gás promotor de efeito de estufa devido à sua grande capacidade de absorção de radiação infravermelha por molécula que, aliado ao seu longo tempo de residência na atmosfera, o torna cerca de 300 vezes mais eficaz que o CO_2 na produção do aquecimento global (Baird, C., 1995).

A concentração atmosférica de N_2O (muito inferior à de H_2O e CO_2) cresceu desde a era pré-industrial. Este aumento produziu cerca de 1/3 do aquecimento adicional que o metano induziu. Este gás é naturalmente libertado pelos oceanos e também é proveniente de processos que ocorrem nos solos das regiões tropicais. As principais fontes antropogénicas são a agricultura (pelo uso de fertilizantes contendo nitrato e amoníaco, principalmente em zonas tropicais) e a indústria (onde se inclui a produção de ácido nítrico) (Baird, C., 1995; Ledley et al, 1999).

1.7.5 – O ozono

O ozono (O_3) na atmosfera é naturalmente produzido em quantidades vestigiais e tem, na troposfera um curto tempo de residência, sendo, tal como os anteriores, um gás promotor de efeito de estufa, uma vez que absorve radiação infravermelha. A maior parte do ozono da atmosfera (cerca de 90%) encontra-se na estratosfera, onde tem o importante papel de absorver radiação ultravioleta emitida pelo Sol, na gama entre 240 e 320 nm que é prejudicial para organismos unicelulares e células superficiais de animais e plantas. Este ozono estratosférico é conhecido como bom ozono. O ozono troposférico (10% do ozono atmosférico total) é conhecido como mau ozono pois a sua presença ao nível do solo pode também provocar problemas respiratórios nos homens (Seinfeld et al, 1998).

Na troposfera o ozono é produzido a partir de átomos de oxigénio originados a partir da dissociação fotoquímica (ultravioleta – A corresponde a $320\text{ nm} < \lambda < 360\text{ nm}$) do dióxido de azoto electronicamente excitado:



Provavelmente, desde os tempos pré-industriais que os níveis de ozono na troposfera têm aumentado devido à poluição proveniente, principalmente, dos veículos motorizados que aumentam os níveis de NO_2 ao nível do solo (Baird, C., 1995). Assim o ozono troposférico está a aumentar devido a emissões antropogénicas. Entretanto o ozono estratosférico está a diminuir (também devido a emissões antropogénicas), levando ao aumento do nível da radiação ultravioleta-B (entre 290 e 320 nm) ao nível do solo o que pode provocar cancro de pele em indivíduos mais sensíveis (Seinfeld et al, 1998).

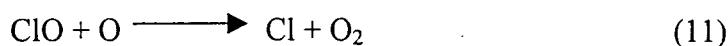
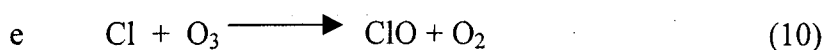
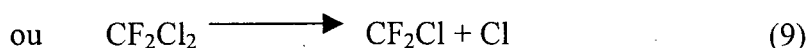
Pressupõe-se que aproximadamente 10% do aumento de aquecimento global da atmosfera resulte do aumento do ozono troposférico, mas este valor é muito incerto. Por outro lado, a quantidade de radiação infravermelha absorvida pelo ozono estratosférico terá provavelmente diminuído um pouco devido à recente diminuição de ozono nessa zona da atmosfera (Baird, C., 1995).

1.7.6 – Os clorofluorocarbonetos

Os clorofluorocarbonetos (CFC-11, CCl_3F e CFC-12, CCl_2F_2 por exemplo) são compostos que contêm carbono e halogéneos na sua composição e são poderosos gases promotores de efeito de estufa, sendo 10000 vezes mais eficazes a aprisionar calor do que o CO_2 o que, aliado a longos tempos de residência na atmosfera, faz deles os gases com maior potencial para induzir o aquecimento global.

São introduzidos na atmosfera, naturalmente, a partir de processos biológicos nos oceanos e a partir do sal do mar, e antropogenicamente a partir da queima de biomassa e da síntese industrial. Os clorofluorocarbonetos têm tempos de vida muito diversos podendo variar de alguns dias a alguns séculos.

Os CFCs produzidos pelo homem são usados como fluidos de arrefecimento (CFC-12 e HCFC-22), agentes de enchimento (CFC-11 e HCFC-22), agentes de limpeza (CFC-13) e como solventes industriais. Rowland e Molina (prémio Nobel da Química em 1995) mostraram que os CFCs são inertes na troposfera mas podem ser decompostos fotoquimicamente, pela radiação ultravioleta (com $\lambda < 230 \text{ nm}$) na estratosfera média (25 a 40 km), originando átomos de cloro capazes de destruir cataliticamente o ozono, ex:



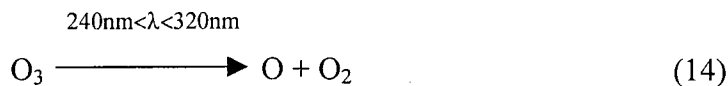
O resultado destas duas últimas equações químicas é a remoção efectiva de uma molécula de ozono da estratosfera:



em que os átomos de oxigénio resultam da decomposição fotoquímica das moléculas de oxigénio e ozono:



e



Como o átomo de Cl não é consumido, funciona como catalisador podendo participar muitas vezes nestas reacções e destruir mais de 100000 moléculas de ozono antes de ser removido da atmosfera por outra reacção.

Em boa verdade, o efeito final na temperatura global poderá ser praticamente nulo, porque o aquecimento produzido pelos CFCs na troposfera é compensado pelo arrefecimento que eles induzem na estratosfera por destruírem o ozono aí existente, também ele um gás promotor de efeito de estufa, produzindo-se na realidade um abaixamento perceptível na temperatura.

Devido a promoverem a decomposição catalítica do ozono, a produção de CFCs foi drasticamente reduzida como resposta ao Protocolo de Montreal e a subsequentes acordos internacionais, esperando-se que as concentrações atmosféricas destes compostos diminuam substancialmente durante o século 21 (Baird, C., 1995; Chang, 1994; Ledley et al, 1999).

1.8 – Efeitos do aquecimento global

O aumento dos níveis de CO₂ na atmosfera não é alvo de controvérsia entre os cientistas, mas há alguma discussão quanto à possibilidade do aumento deste gás e outros gases promotores do efeito de estufa originarem de facto um aquecimento global. Existem, no passado, fortes testemunhos de que o CO₂ e o metano estavam de alguma forma relacionados de perto com a temperatura da Terra. Na Antárctida, uma equipa franco-soviética de cientistas abriu um buraco com aproximadamente uma milha de profundidade e retirou um núcleo de gelo. Como os anéis de uma árvore, o gelo indicou as condições em mudança no passado até cerca de 160000 anos atrás. Os cientistas mediram a quantidade de CO₂ e metano nas bolhas de ar existentes no gelo e descobriram dois factos espantosos. Por um lado, a quantidade de CO₂ na actual atmosfera terrestre é mais alta do que em qualquer outro período anterior relativo aos últimos 160000 anos. Por outro, os níveis de CO₂, de metano e a temperatura da Terra subiram e desceram numa relação íntima, durante esses mesmos anos. O que os cientistas não podem saber desta correlação estreita é se o CO₂ e o metano originaram a mudança de temperatura, ou se a temperatura mudou primeiro e isso causou a mudança no

CO₂ e no metano, ou ainda se um terceiro factor originou a alteração do CO₂, do metano e da temperatura. Porém, a íntima relação entre temperatura da Terra e os níveis de CO₂ e de metano é consistente com a teoria do aquecimento global (Seitz, 1995, p. 151 e 152).

Os valores da temperatura global registados desde 1860 indiciam uma tendência para o aquecimento, desde essa altura, em cerca de 0,3 a 0,6 °C. Até 1991, os 10 anos mais quentes ocorreram depois de 1972. Desde aquela altura, a maioria dos glaciares no mundo derreteram e no mesmo período de tempo o nível dos oceanos subiu a uma média de 1 a 2 mm por ano. Mesmo assim não há a certeza se estes fenómenos são o começo do aquecimento global ou se são simplesmente uma mudança natural da temperatura terrestre de acordo com os seus ciclos normais (Seitz, 1995).

Na tentativa de se justificar o aquecimento global do planeta, vários modelos do clima da Terra foram feitos por climatologistas. Um modelo totalmente desenvolvido terá de lidar com todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na natureza bem como com as interacções entre os componentes do sistema climático. Apesar dos enormes avanços dos últimos anos os climatologistas são os primeiros a admitir que esta não é uma ciência exacta (Christianson, 1999). No entanto, quase todos os modelos predizem um aquecimento global da Terra devido ao aumento de CO₂ e outros gases que agravam o efeito de estufa (Shlesinger, 1991).

A previsão mais comum é, atendendo às tendências actuais, a duplicação da quantidade de CO₂ na atmosfera, desde a época pré-industrial até cerca de meados do século 21, o que conduzirá a um aumento da temperatura de aproximadamente 3 °C antes do final do século 21. Esta elevação de temperatura levará à alteração da quantidade de precipitação e respectiva localização, alteração das zonas de cultivo de alimentos passando a haver zonas com um clima melhor para esse efeito e outras com um clima pior (sendo no entanto difícil de prever quais serão as áreas prejudicadas e as favorecidas), subida do nível dos oceanos (com a inundação de algumas cidades costeiras em todo mundo estando obviamente ameaçadas as terras baixas costeiras no mundo inteiro) de 15 cm em 2030 e, aproximadamente, 60 cm no fim do século 21. Mesmo assim, os críticos realçam que não compreendemos o suficiente acerca das possíveis regenerações (“feedbacks” positivos) que agravarão a situação se o aquecimento ocorrer (tal como o aquecimento dos gelos perpétuos) e das possíveis não regenerações (“feedbacks” negativos), que atenuarão o aquecimento (tal como a expansão de uma população de algas num oceano quente que poderia absorver mais CO₂). No início dos anos 90, 400 cientistas de 25 países concluíram que devido à libertação antropogénica de gases que provocam o efeito de estufa irá ocorrer um aumento da temperatura da Terra e que

devido a vários “feedbacks” era possível que o aquecimento fosse ainda maior que o previsto. Também avisaram que por termos um conhecimento incompleto acerca dos processos que envolvem o clima da Terra poderíamos ser confrontados com “surpresas” no futuro (Seitz, 1995).

1.9 – Medidas tomadas e a tomar

No sentido de se diminuírem as emissões dos gases que provocam o agravamento do efeito de estufa, várias Conferências, Protocolos e Cimeiras têm sido realizadas nas últimas décadas e têm sido assinados compromissos entre os países desenvolvidos, não estando ainda claro como se poderão incentivar os países menos desenvolvidos a progredir sem aumentarem as emissões desses gases (Seitz, 1995).

Entretanto, a diminuição das emissões de gases promotores do efeito de estufa pode ser conseguida através, por exemplo, de:

- aumento do rendimento energético nos automóveis bem como no aquecimento e iluminação das casas,
- desenvolvimento de fontes energéticas alternativas de combustível não fóssil, como por exemplo as células fotovoltaicas,
- recuperação do metano gasoso proveniente da decomposição anaeróbica de lixos (biogás),
- redução de fugas de gás natural,
- cumprimento do calendário proposto para a eliminação dos CFCs,
- redução da desflorestação maciça na selva amazónica e florestas tropicais do sudeste asiático (Chang, 1994).

Finalmente, só uma consciencialização das populações globais para este problema poderá resultar numa mudança de atitudes que conduza à diminuição efectiva das emissões de gases promotores de efeito de estufa.

2 – A DEGRADAÇÃO DA CAMADA DE OZONO

A Degradação da Camada de Ozono é outro exemplo da natureza global da poluição na actualidade. A utilização dos clorofluorocarbonetos (CFCs) é feita em todo o “mundo civilizado”. Estes foram sintetizados pela primeira vez nos anos 30, por terem propriedades interessantes, tais como, serem facilmente liquefeitos, relativamente inertes, não tóxicos, não combustíveis e voláteis o que lhes confere as características adequadas para serem utilizados como fluidos de arrefecimento em frigoríficos e aparelhos de ar condicionado (substituindo o SO_2 e o NH_3 que são ambos muito tóxicos), no fabrico de produtos descartáveis feitos de espumas (tais como copos e pratos), como propulsores de aerossóis em latas de ‘spray’ e como solventes para limpar placas recém-soldadas de circuitos electrónicos. Mais cedo ou mais tarde os CFCs acabam por ser lançados na atmosfera, onde lentamente ascendem até alcançarem a estratosfera, por serem relativamente inertes na troposfera. Na estratosfera são decompostos fotoquimicamente de acordo com as reacções 8 e 9, sucedendo-lhes depois as reacções 10 e 11 (Chang, 1994). Através dessas reacções ocorre uma degradação da camada de ozono que foi verificada, em primeiro lugar, sobre a Antárctida. Esta degradação é tanto mais preocupante quanto se sabe que esta camada absorve a radiação ultravioleta capaz de provocar problemas de saúde, como cancro de pele, entre outros.

2.1 – Localização e função da camada de ozono

A camada de ozono situa-se, maioritariamente, na estratosfera (altitude compreendida entre cerca de 10 km e 50 km) na região dos 20 a 30 km de altitude onde a pressão atmosférica é da ordem das 0,050 a 0,010 atm (Crutzen, 1998). Se todo o ozono fosse trazido para a superfície da Terra, a uma temperatura e pressão padrão, a camada teria apenas 3mm de espessura! (Chang, 1994).

O ozono que se acumula na estável camada da estratosfera, absorve não só a radiação infravermelha proveniente da superfície da Terra como também a radiação ultravioleta do Sol, sendo estas as fontes energéticas importantes da estratosfera e que explicam porque é que as temperaturas não decrescem aí com a altitude. A altitude a que a radiação solar penetra na atmosfera varia com o comprimento de onda (Crutzen, 1998). Para comprimentos de onda inferiores a 220 nm a radiação solar é amplamente absorvida acima dos 50 km, principalmente através da absorção pelas formas moleculares e atómicas do oxigénio e do

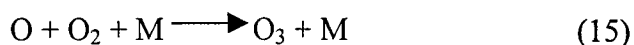
azoto. No entanto estes gases não absorvem a radiação solar de comprimentos de onda superiores a 240 nm (o oxigénio absorve alguma radiação ultravioleta entre 220 e 240 nm mas não toda). Felizmente o ozono absorve radiação ultravioleta com comprimento de onda compreendido entre 220 e 320 nm (Baird, C., 1995). Sem ele esta radiação penetrava até à superfície da Terra com consequências catastróficas. Uma vez que a atmosfera terrestre só contém oxigénio nos últimos 20 a 25 % da idade estimada da Terra, as primitivas formas de vida apenas se poderão ter desenvolvido em esconderijos escuros onde estivessem bem protegidas dos raios ultravioleta. Actualmente a pequena quantidade de ozono existente na atmosfera é suficiente para absorver a maior parte da radiação ultravioleta perigosa (Crutzen, 1998). Ajudado em alguma extensão pelo oxigénio na gama de comprimentos de onda mais baixos, o ozono absorve toda a radiação ultravioleta da zona compreendida entre 220 e 290 nm que cobre parte da região conhecida por ultravioleta – C (200 – 280 nm). No entanto, o ozono apenas absorve uma fracção da radiação ultravioleta compreendida entre 290 e 320 nm o que permite que alguma radiação desta gama de comprimentos de onda penetre até à superfície da Terra. Assim a radiação compreendida entre 280 e 320 nm (Baird, C., 1995) designada por radiação ultravioleta – B (B provém da designação: biológicamente activa) ainda afecta a vida na Terra (escaldões na pele, por exemplo) (Crutzen, 1998) e a fracção de radiação ultravioleta – B que alcança a troposfera, e a superfície terrestre, aumenta com o aumento do comprimento de onda. Como nenhum constituinte da atmosfera limpa absorve significativamente na zona do ultravioleta – A, compreendida entre 320 e 400 nm, esta penetra até à superfície da Terra. Felizmente que a radiação ultravioleta – A é o tipo de radiação ultravioleta biologicamente menos perigosa (Baird, C., 1995).

2.2 – O mecanismo de Chapman

O mecanismo de formação do ozono na estratosfera foi proposto, pela primeira vez, por Chapman, em 1930. Essa formação inicia-se através da decomposição fotoquímica das moléculas de oxigénio pela radiação solar de comprimento de onda inferior a 240 nm (equação química 13):

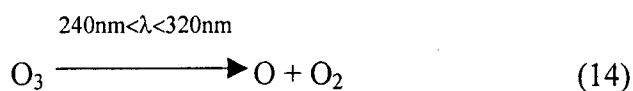


Os átomos de oxigénio são muito reactivos e combinam-se rapidamente com O_2 para formar ozono, na presença de uma terceira molécula, M (M é normalmente outra molécula de O_2 ou N_2):



que desempenha o importante papel de absorver a energia gerada pela colisão entre o oxigénio atómico (O) e o molecular (O_2). Esta reacção é a única que produz ozono na estratosfera e na troposfera.

O ozono formado absorve fortemente na gama $240\text{nm} < \lambda < 320\text{nm}$ decompondo-se em oxigénio molecular e oxigénio atómico (equação química 14) de uma forma relativamente rápida:



A maior parte dos átomos de oxigénio produzidos na estratosfera por decomposição fotoquímica do ozono ou do O_2 reagem, posteriormente, com oxigénio molecular intacto para se formar novamente o ozono (reacção 15). O ozono, também pode reagir com o oxigénio atómico e regenerar duas moléculas de oxigénio:

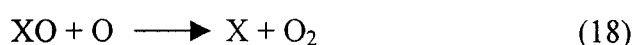
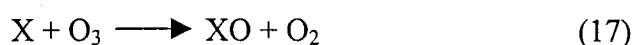


sendo esta última reacção lenta.

De um ponto de vista dinâmico e quantitativo, desde que se produza o oxigénio na reacção 13, as reacções 15 e 14 repetem-se muitas vezes até se dar a reacção 16. As velocidades das reacções 15 e 14 excedem largamente as velocidades das reacções 13 e 16. Portanto, a velocidade de produção de O_3 é condicionada pela velocidade a que o oxigénio atómico é produzido na reacção 13 e o ozono removido na reacção 16. Como durante a noite as reacções 13 e 14 não ocorrem mas as 15 e 16 continuam a dar-se, assiste-se a uma diminuição rápida da concentração do oxigénio atómico. No entanto as variações diurnas do ozono estratosférico são pequenas porque o efeito global das reacções 15 e 16 está mais ou menos equilibrado.

Até cerca de 1964 este mecanismo de reacções era o considerado na explicação da formação e destruição do ozono na estratosfera. Primeiro, uma medição aperfeiçoada da velocidade da reacção 16 indicou que esta era consideravelmente mais lenta do que o que se pensava previamente, resultando em grande abundância de O₃. Depois, medições indicaram que a quantidade actual de ozono na estratosfera é cerca de metade do previsto pelo mecanismo de Chapman. Assim, concluiu-se que além da reacção 16 existem outros passos que levam à destruição de ozono na estratosfera (Seinfeld et al, 1998).

Verificou-se que certas espécies atómicas e moleculares (como compostos contendo cloro, como CFCl₃ e CF₂Cl₂ que originam Cl e ClO e radicais Br), designadas de um modo geral por X, que reagem com o ozono, abstraindo-lhe um átomo de oxigénio, são fundamentais nos processos de destruição do ozono na estratosfera. As reacções de destruição em que intervêm devem ser adicionadas ao mecanismo de Chapman sob a forma de um ciclo catalítico onde estas espécies vestigiais se regeneram:



e em que X não se consome. Para muitos destes ciclos a reacção 17 é muito rápida e a 18 é lenta. Estes ciclos poderiam levar, aparentemente a perdas contínuas e de uma forma permanente de ozono. No entanto o ciclo pode ser interrompido quando a espécie reactiva participa noutras reacções deixando assim de estar acessível para participar nos ciclos. Esse número de ciclos em que uma espécie reactiva pode participar antes de ser eliminada pode ser estimado (por exemplo o Cl pode efectuar 100000 ciclos antes de um átomo de Cl reagir com outro da mesma espécie para parar o ciclo, como já foi anteriormente referido) (Baird, C., 1995; Seinfeld et al, 1998).

A formação e destruição do ozono por processos naturais é um equilíbrio dinâmico que mantém constante a concentração de ozono na estratosfera (Chang, 1994). Embora não possamos controlar a quantidade de outros radicais, a quantidade de clorofluorocarbonetos (CFCs) libertada para a atmosfera pode ser controlada (Internet – Group Projects 1996: Gasiorski et al). Para isso teríamos de diminuir a sua produção e utilização substituindo-os por outros produtos que possam desempenhar as mesmas funções e que não provoquem danos ambientais.

2.3 – Distribuição da camada de ozono no globo terrestre

A constância na concentração de ozono na estratosfera não significa que esta camada se encontre uniformemente distribuída em volta do globo. A produção de ozono é maior próxima do equador e diminui com o aumento da latitude o que reflecte a dependência da intensidade solar e zénite solar com a latitude. Por outro lado, as regiões de maior concentração de ozono não coincidem com os locais de maior velocidade de formação do mesmo. Isto é devido ao efeito de redistribuição horizontal e vertical das massas de ar estratosférico que leva a que a concentração de ozono e a sua produção não atinjam valores máximos em simultâneo. A concentração de ozono existente nas regiões polares do Norte resulta dos movimentos de ar para Norte e para baixo (menor altitude) na estratosfera (ventos estratosféricos) que transportam o ozono desde as regiões equatoriais de grande altitude para as regiões onde a sua produção é pequena (Seinfeld et al, 1998), ou seja, regiões polares e a menor altitude. Assim a concentração de ozono na atmosfera aumenta dos trópicos para os pólos. Também há variações na camada de ozono com a estação do ano (Baird, C., 1995). Como as concentrações do ozono estratosférico são máximas em áreas muito afastadas daquelas onde ele foi produzido, isso sugere que o tempo de vida do ozono na estratosfera é mais longo que o tempo necessário para o seu transporte ocorrer. O intervalo de tempo necessário para que se efectue o transporte estratosférico entre o equador e os pólos é da ordem dos 3 a 4 meses pelo que o tempo de vida do ozono na estratosfera deverá ser superior (Seinfeld et al, 1998).

2.4 – Degradação da camada de ozono

Desde a II Guerra Mundial que a concentração em gases contendo cloro aumentou fortemente, pelo que a estratosfera contém agora aproximadamente 6 vezes mais cloro, na forma de cloreto de metilo (um gás que será principalmente emitido pelos oceanos), do que aconteceria naturalmente.

Em 1985 Farman e os seus colegas relataram que os níveis médios de ozono na Primavera (entre Setembro e Outubro), sobre a sua estação em Halley Bay na Antárctida, vinham a descer, ano após ano, desde meados de 1970.

Até 1985, e desde que Molina e Rowland o propuseram, em 1974, pensava-se que a destruição do ozono, através do ciclo catalítico do ClO_x , acontecia principalmente na zona de

altitudes entre 30 e 45 km, enquanto que a altitudes mais baixas, onde se localizava a maior parte do ozono, a sua destruição seria muito menor. No entanto, a descoberta do “buraco” do ozono veio demonstrar que assim não era. Essa descoberta correspondia a uma drástica perda de ozono exactamente na mesma zona, 12 a 22 km de altitude, onde normalmente a concentração de ozono é máxima (Crutzen, 1998) (Fig. 5).

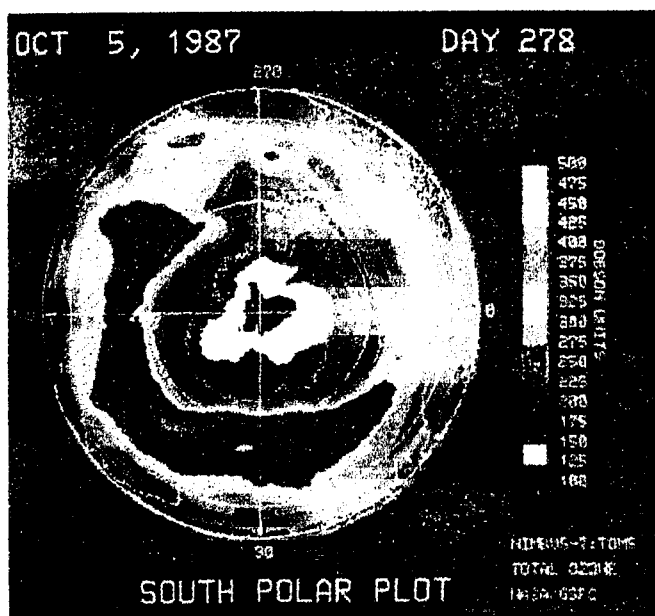


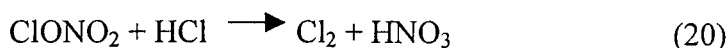
Fig. 5 – Diminuição do ozono (cor rosa) cobrindo uma área semelhante à América do Norte
(Fonte – Internet: Group Projects 1996: *Group 2: Ozone Layer*)

2.5 – Razões para a ocorrência do “buraco” na camada de ozono na Antártida

O “buraco” na camada de ozono não corresponde a uma zona onde se verifica a total ausência de ozono, tal como a palavra poderia sugerir e é por essa razão que ela é colocada entre aspas. De facto, o “buraco” na camada de ozono pretende designar uma zona, onde normalmente a concentração de ozono é máxima mas, onde ocorreu uma drástica perda de ozono.

Há razões que justificam que a localização do “buraco” na camada de ozono tenha sido detectado, em primeiro lugar, justamente, na Antártida e não noutro local da atmosfera. Assim como, também se podem explicar as razões da própria ocorrência do “buraco” na camada de ozono.

A condensação de gases em gotas líquidas ou cristais sólidos não ocorre normalmente na estratosfera uma vez que a concentração em água nessa região é extremamente pequena. No entanto, durante os meses de inverno no Pólo Sul, a baixa estratosfera atinge temperaturas tão baixas (-80 °C) que ocorre alguma condensação. O ácido nítrico (HNO₃) e o vapor de água sublimam e condensam nas partículas de aerossol. Estas partículas estão sempre presentes na estratosfera e normalmente consistem numa mistura de água e ácido sulfúrico. Este processo remove HNO₃ da fase gasosa, e com ele também os óxidos de azoto (NO e NO₂). Além disso, HCl e ClONO₂, as duas importantes espécies reservatório do cloro, que não reagem com o ozono nem entre si na fase gasosa, reagem agora entre si nas superfícies das partículas de aerossol para formar Cl₂ e HNO₃:

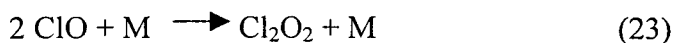
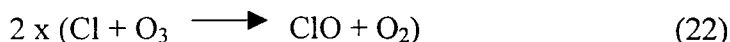


(Crutzen, 1998). De acordo com Lei dos Gases Ideais a temperaturas muito baixas correspondem também pressões muito baixas e portanto, durante o escuro inverno polar, a pressão atmosférica baixa. Esta alteração da pressão aliada à rotação da Terra produz um turbilhão na massa de ar na qual a velocidade do vento pode exceder os 300 km/h, a que se dá o nome de ciclone polar ou simplesmente vórtice. Como a matéria do ar circundante não pode penetrar no vórtice, o ar lá dentro fica isolado e permanece muito frio durante vários meses até à Primavera (em Outubro). Neste vórtice fica, assim, retido o ozono transportado para a Antártida desde as regiões equatoriais, durante vários meses (Seinfeld et al, 1998).

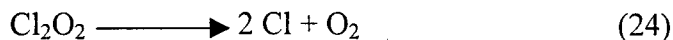
Os cristais produzidos por condensação dos gases dentro do vórtice formam **nuvens polares estratosféricas (PSC)**. À medida que a temperatura desce até um pouco abaixo dos -80 °C formam-se cristais. A partir daqui e à medida que o Sol volta, em Setembro, a temperatura vai subindo e o ciclone enfraquece, desaparecendo, eventualmente, em Novembro. O que acontece então é que, no fim do Inverno ou início da Primavera, quando a luz regressa depois da longa noite polar (corresponde aos fins de Agosto, princípios de Setembro quando começa a Primavera austral) as moléculas de cloro, produzidas de acordo com a reacção 20, são rapidamente separadas por fotólise, produzindo átomos de cloro altamente reactivos:



(Crutzen, 1998). Isto inicia uma rápida cadeia catalítica de reacções que resultam na transformação de duas moléculas de ozono em três moléculas de oxigénio:



$$\lambda \leq 460 \text{ nm}$$



e o ozono retido no vórtice começa a diminuir (Crutzen, 1998). Em Outubro esta diminuição acalma, já que, somente quando as PSCs e o vórtice desaparecem é que o cloro retorna predominantemente às formas inactivas. Consequentemente, termina assim o ciclo de destruição catalítico e a concentração de ozono retorna aos seus níveis normais poucas semanas após o desaparecimento das PSCs e do vórtice se ter extinguido. Em Novembro a quantidade de ozono começa a aumentar e, deste modo, o “buraco” de ozono fecha por mais um ano ao fim do qual tudo se repete (Baird, C., 1995).

No entanto, com um aumento da quantidade de cloro na estratosfera a atingir cerca de 4% ao ano (percentagem observada durante vários anos até cerca de 1990) a velocidade de destruição do ozono pode acelerar até 8 a 16 % ao ano. Observações *in situ* na estratosfera (realizadas numa aeronave de pesquisa da NASA) validaram estas explicações para a origem do “buraco” de ozono, pois as determinações efectuadas nas áreas polares, onde, como se disse, a estratosfera é muito fria no Inverno, mostraram concentrações extremamente elevadas de radicais ClO e simultânea destruição rápida de ozono (Crutzen, 1998).

Entretanto, mesmo para latitudes mais moderadas, e apesar de em menor extensão, o ozono está a ser progressivamente destruído todos os anos devido a esse aumento da quantidade de cloro na estratosfera de 4% ao ano, já referido anteriormente (Crutzen, 1998), que se encontra aliado à forte utilização dos CFCs. No final do Inverno e início da Primavera nos anos de 1987 e de 1991, a diminuição da camada de ozono no Polo Sul chegou aos 40 % (Chang, 1994).

A situação junto ao Círculo Polar Ártico não foi considerada tão crítica como a da Antárctida tendo no entanto também sido detectada uma diminuição na respectiva camada de ozono uns anos mais tarde que na Antárctida. De facto o vórtice polar no Ártico não está tão bem definido como na Antárctida podendo a estabilidade do vórtice na Antárctida ser o

resultado da distribuição simétrica de oceano à sua volta. O Inverno na estratosfera do Ártico é normalmente 10 K mais quente que na Antártida porque o vórtice no Ártico tende a provocar maior mistura de ar evitando o isolamento do ar do seu interior (Chang, 1994; Seinfeld et al, 1998).

A tendência na diminuição do ozono estratosférico durante o Inverno e a Primavera nas zonas de alta e média latitude no hemisfério norte acelerou durante a década de 90. Particularmente, durante os invernos de 1995/96 e 96/97, foram observadas diminuições de ozono semelhantes às detectadas sobre a Antártida cerca de 10 anos antes (Crutzen, 1998).

2.6 – Consequências da degradação da camada de ozono

Pelo referido anteriormente, o ozono na estratosfera constitui uma espécie de escudo protector contra a radiação ultravioleta. Sem ele as colheitas e outro género de vegetação podem ser destruídas, a produtividade das florestas pode ser afectada, a distribuição e abundância de plantas pode ser modificada. A radiação ultravioleta-B provoca danos em pequenos animais e plantas essenciais na cadeia alimentar marinha. Pequenos aumentos na exposição ambiental à radiação ultravioleta-B pode resultar em alterações significativas nos ecossistemas (Internet: Group Projects 1996: Gasiorski et al).

A radiação ultravioleta pode provocar danos na pele das pessoas incluindo cancro de pele, anormalidades oculares incluindo cataratas e alterações na retina, e alterações no sistema imunitário, que alteram o percurso normal do cancro e das doenças infecciosas (Internet: Group Projects 1996: Gasiorski et al).

Estes são danos que se podem prever que ocorram se a camada de ozono continuar a ser degradada. Há no entanto dúvidas em relação a estas previsões já que, por exemplo, ainda não foi possível estabelecer uma relação de causa/efeito indubitável entre a progressiva degradação da camada de ozono e o aumento real de cancros de pele a ela atribuível (Internet: Group Projects 1996: Gasiorski et al).

2.7 – Medidas tomadas e a tomar

Mesmo não tendo todas as certezas em relação às previsões feitas sobre as consequências da degradação da camada de ozono, nos países industrializados foram

realizados acordos internacionais para proibir a produção de CFCs e de outros gases industriais contendo Cl e Br, a partir de 1996. A mesma atitude tem sido adoptada pelos países em desenvolvimento, embora com um desfasamento de 10 anos, no sentido de diminuir o número disponível de átomos de cloro na atmosfera o que contribuirá para que se retarde a diminuição da camada de ozono (Chang, 1994; Crutzen, 1998). Isto significa que os danos provocados na camada de ozono não crescerão para muito pior no futuro, no entanto, a sua reconstituição será lenta, podendo levar cerca de meio século. Atribui-se esta lentidão aos longos tempos de residência na atmosfera dos gases CFCs (cerca de 50 a 110 anos) (Crutzen, 1998).

Está a ser feito, entretanto, um esforço intenso para encontrar substitutos dos CFCs que não sejam nocivos à camada de ozono e são notórias as campanhas de sensibilização das pessoas, de uma maneira geral. Essas campanhas passam quer pela adopção de atitudes seguras na exposição do corpo ao sol, quer pela reciclagem de produtos, nomeadamente os que contêm CFCs o que irá impedir que eles escapem para a atmosfera (Chang, 1994).

3 – CONCLUSÃO

Foi com base neste Modelo Educacional do Aquecimento Global e da Degradação da Camada de Ozono que se avançou para a implantação da metodologia de ensino a testar. Foi tida especial atenção em fornecer aos alunos uma perspectiva destes assuntos que não caísse em extremos: nem demasiado optimista nem demasiado pessimista. Tentou-se fornecer uma perspectiva abrangente que englobasse quer as certezas quer as incertezas ainda vigentes sobre estes assuntos.

Tal como Paul Crutzen (1998) afirma “É impossível prever com precisão onde se localizam os pontos fracos no nosso meio ambiente. (...) Nós não sabemos que relações de estabilidade se aplicam ao ambiente global”.

ANEXO

2

Excerto do Programa Oficial da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química
Bloco III

Objectivos	Conteúdos	Estratégias/Actividades
2.1. Enumerar os principais constituintes do ar (permanentes e acidentais) 2.2. Distinguir poluentes primários e secundários. - Identificar fontes de poluição. 2.3. Relacionar as condições meteorológicas e o transporte de poluentes. - Interpretar a dispersão horizontal e vertical dos poluentes. - Explicar o efeito de estufa e consequências. 2.4. Descrever os principais efeitos da poluição. - Dar exemplos de efeitos sinérgicos de poluentes do ar. 2.5. Referir os limites de concentração permitidos para os diferentes poluentes. 2.6. Interpretar a escala de Ringelmann/opacidade do ar. - Interpretar quadros com critérios ou normas de qualidade do ar. - Identificar os principais contaminantes do ar de origem orgânica e inorgânica: . SO₂, NO₂, CO e CO₂; . Hidrocarbonetos; . Partículas incluindo aerossóis. 2.7. Referir alguns métodos de amostragem. - Analisar, qualitativamente, uma amostra. - Dosear alguns dos contaminantes mais importantes do ar em atmosferas produzidas.	2. O Ar. 2.1. Ar: constituintes permanentes e acidentais (incluindo poeiras). 2.2. Tipos de poluentes e fontes de poluição do ar. 2.3. A Meteorologia e a Qualidade do Ar; efeito de estufa. 2.4. Efeitos da poluição do ar. - Efeitos sinérgicos. 2.5. Análises, critérios e normas de qualidade do ar. 2.6. Principais poluentes do ar. 2.7. Métodos de amostragem e de análises qualitativa e quantitativa do ar.	2.1. Sugere-se a elaboração de um quadro com os constituintes permanentes e acidentais mais vulgares em diferentes atmosferas. 2.2. Relacionar a deflecção do ozono na estratosfera com a emissão de clorofluorometanos. 2.3 Interpretar cartas meteorológicas para compreender a movimentação do ar e a transnacionalidade da poluição. 2.4. Será de incutir nos alunos a necessidade de definir os objectivos de qualidade para o ar como defesa do meio ambiente. 2.5. Sugere-se a pesquisa de algumas análises, critérios e normas em documentos, revistas, catálogos oficiais, ..., com o objectivo de caracterizar uma determinada atmosfera. 2.6. Sugere-se que seja pedido aos alunos a organização de uma tabela com alguns poluentes e os respectivos limites de concentração permitidos por lei, favorecendo, deste modo, a consulta a normas, directivas, decretos-lei e outra legislação diversa. 2.7. O tema recolha e doseamento de alguns dos contaminantes do ar não deverá ser demasiado aprofundado, já que são complexos os métodos e técnicas, sugerindo-se, no entanto, a referência a alguns dos mais comuns. Dada a indisponibilidade da recolha de amostras de ar por falta de equipamento apropriado (não é justificável a aquisição de tal equipamento), sugere-se a provocação de atmosferas de CO₂, SO₂, CO, NO₂, etc. e realizar os

2.8. Referir algumas medidas de prevenção e controlo das emissões de poluentes.	2.8. Medidas de prevenção e tratamento de atmosferas poluídas.	doseamentos respectivos. 2.8. Em relação às medidas de prevenção e controlo das emissões de poluentes, sugere-se a referência das seguintes medidas elementares: . Escolha de combustíveis; . Regulação das combustões; . Captação dos aerossóis; . Dessulfuração dos combustíveis líquidos e dos efluentes gasosos; . Emprego de chaminés de grande altura; . Saneamento dos gases de escape dos veículos automóveis.
--	---	---

ANEXO

3

Questionário

Habilitações académicas _____ Idade _____ Sexo _____

Responda às seguintes questões:

1 – O que é o efeito de estufa?

2 – O que causa o efeito de estufa?

3 – O efeito de estufa é bom ou mau para nós? Explique.

4 – Com poderíamos fazer diminuir o efeito de estufa?

5 – O que é o “buraco” de ozono?

6 – O que causa o “buraco” de ozono?

7 – O “buraco” de ozono é bom ou mau para nós? Explique.

8 – Como poderíamos fazer diminuir o “buraco” de ozono?

ANEXO

4

Questionário

Habilitações académicas _____ Idade _____ Sexo _____

Leia as afirmações seguintes e classifique-as como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- | | V | F |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1 – O aquecimento global é devido à degradação da camada de ozono. | ☐ | ☐ |
| 2 – Se o aquecimento global aumentar, haverá alterações no clima mundial. | ☐ | ☐ |
| 3 – Se a degradação da camada de ozono continuar a aumentar, chegarão mais raios ultravioleta (UV) à terra. | ☐ | ☐ |
| 4 – A degradação da camada de ozono é provocada pelo aquecimento global. | ☐ | ☐ |
| 5 – A camada de ozono continuará a degradar-se se mais CO ₂ for lançado na atmosfera. | ☐ | ☐ |
| 6 – O sol irradia energia na região do IV, visível e do UV até à terra. | ☐ | ☐ |
| 7 – O aquecimento global aumentará se mais raios UV chegarem à terra. | ☐ | ☐ |
| 8 – A terra radia energia na região do visível e do UV. | ☐ | ☐ |
| 9 – O aquecimento global aumentará se mais CFCs forem lançados na atmosfera. | ☐ | ☐ |
| 10 – O aquecimento global aumentará se mais CO ₂ for lançado na atmosfera. | ☐ | ☐ |
| 11 – A terra radia energia na região do IV. | ☐ | ☐ |
| 12 – A degradação da camada de ozono aumentará se mais CFCs forem lançados na atmosfera. | ☐ | ☐ |
| 13 – O aquecimento global é devido à chegada de demasiados raios solares à terra. | ☐ | ☐ |
| 14 – Se o aquecimento global aumentar mais pessoas sofrerão de cancro de pele. | ☐ | ☐ |
| 15 – O aquecimento global aumenta com o aumento de ozono perto do solo (troposfera). | ☐ | ☐ |
| 16 – O uso de gasolina sem chumbo atenua o aquecimento global. | ☐ | ☐ |
| 17 – Se o aquecimento global aumentar a terra aquecerá. | ☐ | ☐ |
| 18 – O aquecimento global pode diminuir se se plantarem mais árvores no mundo. | ☐ | ☐ |

ANEXO

5

MATERIAIS FORNECIDOS AOS ALUNOS, DE CADA GRUPO, PARA CONSULTA E PESQUISA

MANUAIS ESCOLARES

- Simões T. S., Queirós M. A., Simões M. O. (1998), *Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III*, Porto Editora.
- Saraiva E. C. (1995), *Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III*, Ensino Secundário, Porto Editora.
- Saraiva E. C. (1995), *Ciências do Ambiente*, Curso Tecnológico de Química, 12º ano, Porto Editora.

Fotocópias dos seguintes SITES DA INTERNET

- Centro de Tratamento e Pesquisa, Hospital do Câncer – AC Camargo,
<http://www.hcanc.org.br/>
INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) /Laboratório do Ozônio: Kirchhoff V. W. J. H., *Atmosfera Terrestre, Camada de Ozônio e Raios Ultravioleta*:
<http://www.hcanc.org.br/ozonl.html>
Departamento de Oncologia Cutânea: Brechtbühl E. R., Neves R. I., *Bronzeamento Artificial – Benéfico ou Maléfico?, Estado actual dos conhecimentos médicos sobre esta prática*: <http://www.hcanc.org.br/pel2.html>.
- Group Projects 1996:
Group 1: Global Warming
<http://pooh.chem.wm.edu/chemWWW/courses/chem105/projects/group1/page2.html>.
Group 2: Ozone Layer:
Gasiorski, A., Pecori, M., Martinez, E., Csontos, T., Moran, T.
<http://pooh.chem.wm.edu/chemWWW/courses/chem105/projects/group2/page1.html>.

Fotocópias de EXTRACTOS DE LIVROS, HISTÓRIAS, PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS e QUESTÕES ORIENTADAS em português e inglês:

- Air Quality and Pollution, *Environmental Studies, What Is Air?*, MILLIKEN Publishing Company, St. Louis, Missouri, p. 1-3, 5-7, 13-16.
- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994), "*Salters Advanced Chemistry*" "*Activities & Assessment*", Heinmann Educational, p. 81-83, 96-97, 102.
- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994b), "*Salters Advanced Chemistry*" "*Chemical Storylines*", Heinmann Educational, p. 63-66 (tradução e adaptação de duas histórias, que se seguem).
- Campbell, B., Hogarth, S., Millar, R., *Teaching and Learning About the Environment, The Greenhouse Effect*, The Association for Science Education, UK, Greenhouse: teachers' notes: side 6-8 of 8, OHP Transparency Master; Ozone: teachers' notes: side 4 of 4, OHP Transparency Master, student information sheet 1-3, student activity guide 1.
- Ferraz, M. C. M. A. (1995), *Poluição Atmosférica, Texto didáctico*, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, A Degradação da Camada de Ozono Estratosférico, 80-82
- Science Across Europe (1994), *Global Warming*, The Association for Science Education, UK, folhas do aluno p. 1-17.
- "Science. The Salters' Approach" (1990), GCSE Unit Guide, "The Atmosphere", Heinemann Educational, p. 15-16 e 32-33.
- New Modular Science for GCSE, *Earth Materials, 10 Polluting the air, 11 The evolving atmosphere*, Heinemann Educational, p. 116-119.
- New Modular Science for GCSE, *Environment, 12 Take care of the air, 13 A global threat*, Heinemann Educational, p. 88-91.

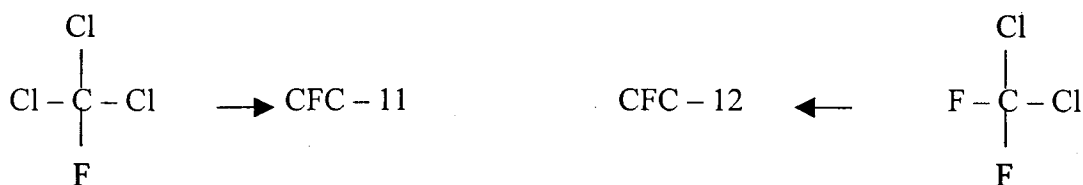
As previsões de Sherry Rowland sobre os CFCs

“No início comecei por olhar os compostos de CFC como um interessante problema *químico* do ponto de vista ambiental: sermos capazes de prever a partir do nosso conhecimento laboratorial as consequências dos CFCs na atmosfera da Terra. De princípio não estávamos a pensar na destruição dos CFCs por serem um problema ambiental, mas antes como algo que pudesse vir lá a acontecer.

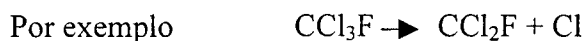
Sempre me senti atraído por problemas químicos – a minha primeira pesquisa experimental após a minha graduação envolvia misturar carbonato de lítio pulverizado com glucose num fluxo de neutrões de um reactor nuclear. Uma reacção nuclear no lítio produz trítio, um isótopo radioactivo do hidrogénio, e eu queria saber se os átomos de trítio conseguiam substituir os átomos de hidrogénio na glucose. (Conseguiram – e isto levou a muitas outras interessantíssimas experiências num campo da química chamado *hot atom chemistry*).

Com os CFCs, nós queríamos descobrir com que rapidez eles eram destruídos na atmosfera, e por que processo químico. Eu trabalhava com um jovem pesquisador associado pós-doutorado chamado Mario Molina – isto foi em 1973 na University of California em Irvine – e nós sabíamos que os CFC's eram compostos muito estáveis. Mas quanto estáveis? Quanto tempo podiam andar pela atmosfera? Um ano ou 100 anos?

Mario e eu analisávamos todos os processos que pudessem afectar os CFCs na troposfera, e calculávamos a velocidade com que essas reacções podiam ocorrer. A resposta era realmente, muito lentamente. Os CFCs permaneciam por reagir durante *muitas décadas* – até mesmo séculos.



Assim, agora nós sabíamos que os CFCs sobreviviam inalterados por um longo período de tempo. Mas também sabíamos que quando eventualmente eles chegassem à estratosfera eles deveriam ser destruídos devido à intensa radiação ultravioleta aí existente – tudo é! Os CFCs contêm átomos de cloro, flúor e carbono, e a sua destruição pelos raios ultravioleta leva à formação de átomos de cloro livres.



Assim, fizemos alguns cálculos para descobrir *quantos* átomos de cloro seriam formados agora e no futuro, e então perguntámo-nos o que aconteceria com os átomos de cloro. Na estratosfera, descobrimos que os átomos de cloro reagem mil vezes mais preferencialmente com o ozono do que com qualquer outra coisa, deixando ainda um outro composto contendo cloro, o óxido de cloro (ClO).

Deste modo, uma vez mais fizemos o mesmo tipo de pergunta: o que é que vai acontecer com o óxido de cloro na estratosfera? E descobrimos que ele iria reagir com os átomos de oxigénio, produzindo de novo átomos de cloro. As duas reacções pareciam andar às voltas em círculos – átomos de cloro formavam óxido de cloro; óxido de cloro formava átomos de cloro – tal como uma reacção em cadeia. Mas com o ozono a ser destruído em cada passo! Então calculamos quanto ozono podia ser destruído – cada átomo de cloro destrói em média cerca de 100 000 moléculas de ozono, e a humanidade vinha pondo cerca de 1 milhão de toneladas de CFCs na atmosfera todos os anos desde os anos 70.

Não queríamos acreditar nesta resposta! A perda de ozono calculada era tão elevada que até pensamos que tínhamos mudado a vírgula uma décima por engano! Mas verificamos cuidadosamente e não encontramos nenhum erro – havia lá em cima realmente essa quantidade toda de cloro, muito mais iria lá chegar no futuro, e as perdas de ozono iriam ser enormes!

Começamos com este problema no início de Outubro de 1973, e em meados de Dezembro apercebemo-nos de que estávamos à beira de algo muito importante. Quando um cientista faz uma descoberta, o primeiro instinto é publicar para que outros cientistas possam aprender com ela, e testem as ideias com as suas próprias experiências. Mas a perda de ozono calculada era tão grande que nós queríamos estar mais do que certos de que não havia sido cometido nenhum erro.

Por isso visitamos Hal Johnson na University of California em Berkeley, porque ele tinha tido um papel importante ao demonstrar como os óxidos de azoto dos aviões de grande altitude – como o Concorde – podiam afectar o ozono estratosférico. Com Hal ficamos a saber que a reacção em cadeia do cloro com o ozono tinha acabado de ser descoberta, mas sem haver uma fonte para o cloro. E nós tínhamos descoberto que os CFCs seriam uma enorme fonte de cloro libertado directamente na estratosfera!

Agora, estávamos certos de ter descoberto algo realmente significativo – agora tratava-se de um grave problema ambiental. Publicamos os nossos resultados e conclusões no jornal científico *Nature*, e ficamos à espera de que outros encontrassem falhas nele. Muitos tentaram

– porque é assim que a ciência funciona – mas ninguém teve sucesso. O problema dos CFCs e do ozono estratosférico era uma realidade.

O estado do Oregon eliminou os CFCs como gás propulsor em aerossóis em 1975, e o resto dos USA, bem como o Canadá, Noruega e Suécia, fizeram o mesmo nos 2 ou 3 anos seguintes. Infelizmente, o resto da Europa e Japão não eliminaram os aerossóis com esse gás propulsor, e a maioria das suas outras aplicações – refrigerador, isolador, agente de limpeza de componentes electrónicos, etc. – continuaram a crescer até que o aparecimento do buraco na camada de ozono na Antárctida resultou numa acção internacional em 1988 – 1990.”

In Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994b),
“*Salter's Advanced Chemistry*” “*Chemical Storylines*”,
Heinmann Educational.

O “buraco” na camada de ozono

A História de Joe Farman

O Dr. Joe Farman é o cientista britânico cujo grupo primeiro descobriu o “buraco” na camada de ozono. Fomos a Cambridge falar com ele e eis como ele descreve a descoberta.

“ Se se sabe que se vai criar um caso é preciso estarmos completamente seguros.

Como parte do nosso trabalho com a British Antarctic Survey vínhamos medindo as concentrações de ozono sobre o Antártico. Para isso usamos espectroscopia do ultravioleta: o ozono absorve radiação ultravioleta de uma frequência em particular. Se se medir quão fortemente a atmosfera está a absorver radiação ultravioleta dessa frequência, pode-se determinar a concentração em ozono nessa parte da atmosfera. Começamos as nossas medidas em 1981, e ao longo de 2 ou 3 anos fiquei convencido de que algo de seriamente errado se estava a passar. As concentrações em ozono eram muito inferiores às esperadas, principalmente em Outubro, na altura da Primavera Antártica. Em 1984 usamos um novo instrumento para confirmar as nossas leituras, e estas foram confirmadas. Havia de facto um “buraco” na camada de ozono!

Nós fazíamos as nossas leituras desde cá *debaixo*, olhando para cima para a atmosfera desde a superfície da Terra na nossa base na Antártica. Os Americanos estavam a fazer também leituras mas desde lá *de cima*: os satélites da NASA estavam a usar espectroscopia do ultravioleta para medir as concentrações em ozono mas fazendo-o de cima para baixo.

Então porque é que a NASA não detectou o “buraco” primeiro? O problema é que os satélites da NASA fazem *demasiadas* medições. Eles recolhem quantidades enormes de dados dos mais variados tipos de coisas, e não apenas de concentrações de ozono. Eles não conseguem processar todos os dados, por isso os seus computadores são programados para ignorar todos os dados que pareçam completamente incorrectos. No caso das medições de ozono, isto significou que eles ignoraram a maior parte delas, porque elas se afastavam muito do esperado. Cerca de 80 % dos dados de Outubro tinham sido desprezados pelo computador porque ninguém acreditava que as concentrações em ozono pudessem chegar tão baixo.

Mais tarde, quando as nossas próprias medições mostraram que a concentração em ozono era realmente assim tão baixa, a NASA foi reexaminar os dados desprezados, os quais confirmaram as nossas próprias medidas.

Em 1985 publicamos as nossas descobertas no jornal científico *Nature*. Agora era uma questão de convencer o mundo de quão sério o problema era. A partir do momento em que um cientista faz uma descoberta tão importante como esta, de imediato surge a dúvida se se deve contá-la logo a toda a gente.

Para mim o verdadeiro horror era a velocidade com que tal tinha acontecido. Em 1985 as Nações Unidas publicaram um relatório dizendo que havia todo o tempo para estudar o problema do ozono. Por volta da mesma altura nós publicamos os nossos próprios resultados que mostravam que o ozono acabaria dentro de 5 *semanas*! Ainda não sabíamos exactamente os efeitos que teria a degradação da camada de ozono mas quando se está a afectar um sistema de uma forma tão rápida deve-se estar alerta de que quase tudo pode acontecer.

Podemos pensar que sabemos muito sobre como funciona a natureza, mas para mim somos tão ignorantes que tudo pode acontecer. De qualquer forma por melhores que sejam os nossos modelos, temos que *continuar a fazer medições* para nos certificarmos de que a natureza se comporta realmente da maneira como nós pensamos.

Agora é fácil de ver, embora tardiamente, onde erramos relativamente aos CFCs. A ideia inicial era encontrar algo *muito estável* que não fosse inflamável, venenoso ou corrosivo. Mas o problema com as coisas muito estáveis é que elas permanecem por aí muito tempo – e quando elas eventualmente se transformam formam algo *muito instável* e reactivo, e acabam por causar problemas.”

In Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994b),
“*Salters Advanced Chemistry*” “*Chemical Storylines*”,
Heinmann Educational.

BIBLIOGRAFIA

- Air Quality and Pollution, *Environmental Studies, What Is Air?*, MILLIKEN Publishing Company, St. Louis, Missouri.
- Almeida, A. (1999), *Educação Ambiental: O Papel das Actividades Implementadas Fora da Escola – Potencialidades e Perigos*, Revista de Educação, 3 (1), 123-136.
- Altrichter, H., Posch, P., Somekh, B. (1993), *Teachers investigate their work*, Routledge, London and New York.
- Andersson, B., Wallin, A. (2000), *Students' Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO₂ Emissions and the Problem of Ozone Layer Depletion*, Journal of Research in Science Teaching, 37 (19), 1096-1111.
- Baird, C. (1995), *Environmental Chemistry*, Freeman, New York.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. (1993), *The "Greenhouse Effect": children's perceptions of causes, consequences and cures*, International Journal of Science Education, 15 (5), 531-552.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. (1997), *Children's Models of Understanding of Two Major Global Environmental Issues (Ozone Layer and Greenhouse Effect)*, Research in Science & Technological Education, 15 (1), 19-28.
- Boyes, E., Stanisstreet, M., Papantoniou, V. S. (1999), *The Ideas of Greek High School Students about the «Ozone Layer»*, Science Education, 83 (6), 724-737.
- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994), "Salters Advanced Chemistry" "Activities & Assessment", Heinmann Educational.

- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Waddington, D. (1994a), "Salters Advanced Chemistry" "Chemical Storylines", Heinmann Educational.
- Campbell, B., Hogarth, S., Millar, R., *Teaching and Learning About the Environment, The Greenhouse Effect*, The Association for Science Education, UK.
- Chang R., (1994), A Química na Atmosfera, in *Química*, 5ª edição, McGraw-Hill, 787-820.
- Christianson G. E. (1999), *Greenhouse – The 200-Year Story of Global Warming*, Walker and Company, New York.
- Crutzen P. J. (1998), *What is Happening to Our Precious Air?*, Science Spectra, 14, 22-31.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., Scott, P. (1994), *Constructing Scientific Knowledge in the Classroom*, Educational Researcher.
- Erickson, G. L.(1979), *Children's conceptions of heat and temperature*, Science Education, 63 (2), 221-230.
- Ferraz, M. C. M. A. (1995), *Poluição Atmosférica, Texto didáctico*, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Fisher, B. W. (1998a), *There's a hole in my greenhouse effect*, School Science Review, 79 (288), 93-99.
- Fisher, B. W. (1998b), *Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole*, Australian Science Teachers' Journal, 44 (3), 46-55.
- Fortner, R. W., Lee J., Corney, J.R., Romanello, S., Bonnell, J., Luthy, B., Figuerido, C., Ntsiko, N. (2000), *Public Understanding of Climate Change: certainty and willingness to act*, Environmental Education Research, 6 (2), 127-141.

- Francis, C., Boyes, E., Qualter, A., Stanisstreet, M. (1993), *Ideas of Elementary Students about Reducing the «Greenhouse Effect»*, Science Education, 77 (4), 375-392.
- Ghiglione, R., Matalon, B. (1997), *O Inquérito. Teoria e Prática.*, Celta Editora.
- Hart, P., Nolan, K. (1999), *A Critical Analysis of Research in Environmental Education*, Studies in Science Education, 34, 1-69.
- Holt, J. (1967), *How Children Learn*, London: Pelican Books.
- Koulaidis, V., Christidou, V. (1999), *Models of Students' Thinking Concerning the Greenhouse Effect and Teaching Implications*, Science Education, 83 (5), 559-576.
- Ledley, T. S., Sundquist, E. T., Schwartz, S. E., Hall, D. K., Fellows, J. D., Killeen, T. L. (1999), *Climate Change and Greenhouse Gases*, EOS, 80 (39), 453.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G., Boutin, G. (1990), *Investigação Qualitativa: Fundamentos e Práticas*, Instituto Piaget, Lisboa.
- Margalef R. (1992), *Planeta Azul. Planeta Verde*, Biblioteca Scientific American, Prensa Científica S.A.
- Moleiro R. (2001), *Bronzeado duvidoso*, Expresso Vidas, 1480, 40-41.
- New Modular Science for GCSE, *Earth Materials*, 10 *Polluting the air*, 11 *The evolving atmosphere*, Heinemann Educational.
- New Modular Science for GCSE, *Environment*, 12 *Take care of the air*, 13 *A global threat*, Heinemann Educational.
- Piaget, J. (1926), *The language and thought of the child*, London Routledge and Kegan Paul.

- Piaget, J. (1929), *The child's conception of the world*, New York: Harcourt, Brace.
- Pines, A. L., Novak J. D., Posner, G. J., Vankirk, J. (1978), *The Clinical interview: a method for evaluating cognitive structure* (Research report No. 6, curriculum series), Ithaca, N. Y.: Department of Education, Cornell University.
- Potts, A., Stanisstreet, M., Boyes, E. (1996), *Children's ideas about the ozone layer and opportunities for physics teaching*, *School Science Review*, 78 (283), 57-62.
- Rye, J. A., Rubba, P. A., Wiesenmayer, R. L. (1997), *An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming*, *International Journal of Science Education*, 19 (5), 527-551.
- Saraiva E. C. (1995), *Ciências do Ambiente*, Curso Tecnológico de Química, 12º ano, Porto Editora.
- Saraiva E. C. (1995), *Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III*, Ensino Secundário, Porto Editora.
- Science Across Europe (1994), *Global Warming*, The Association for Science Education, UK.
- "Science. The Salters' Approach" (1990), GCSE Unit Guide, "The Atmosphere", Heinemann Educational.
- Schlesinger W. H. (1991); *Biogeochemistry, An Analysis of Global Change*, Academic Press, San Diego, California.
- Seitz J. L. (1995), *Questões Globais. Uma Introdução*, Instituto Piaget, Divisão Editorial, Lisboa.
- Seinfeld J. H., Pandis S. N. (1998), *Atmospheric Chemistry and Physics*, Wiley, New York.

- Simões T. S., Queirós M. A., Simões M. O. (1998), *Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco III*, Porto Editora.
- Solomon, J. (1984), *Prompts, cues and discrimination: the utilization of two separate knowledge systems*, European Journal of Science Education, 6 (3), 277-284.
- Solomon, J. (1991), *Group discussions in the classroom*, School Science Review, 72 (261), 29-34.
- Spector, B. S. (1984), *Qualitative research: data analysis framework generating grounded theory applicable to the crisis in science education*, Journal of Research in Science Teaching, 21 (5), 459-467.
- Sutton, C. (1981), *Conhecimento Público e Concepções Privadas*, Conferência em Educação em Ciência, Pembroke College, Leicester University School of Education, 15-19.
- Zabala A. (1998), A Organização dos conteúdos, in *A prática educativa. Como ensinar*, Artmed, Porto Alegre, 139-166.

Sites da Internet:

- Centro de Tratamento e Pesquisa, Hospital do Câncer – AC Camargo,
<http://www.hcanc.org.br/>
INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)/Laboratório do Ozônio: Kirchhoff V. W. J. H., *Atmosfera Terrestre, Camada de Ozônio e Raios Ultravioleta*:
<http://www.hcanc.org.br/ozonl.html>
Departamento de Oncologia Cutânea: Brechtbühl E. R., Neves R. I., *Bronzeamento Artificial – Benéfico ou Maléfico?, Estado actual dos conhecimentos médicos sobre esta prática*: <http://www.hcanc.org.br/pel2.html>.
- Group Projects 1996: <http://pooh.chem.wm.edu/chemWWW/courses/chem105/projects/index.html>
Group 1: Global Warming
<http://pooh.chem.wm.edu/chemWWW/courses/chem105/projects/group1/page2.html>.

Group 2: Ozone Layer:

Gasiorski, A., Pecori, M., Martinez, E., Csontos, T., Moran, T.

<http://pooh.chem.wm.edu/chemWWW/courses/chem105/projects/group2/page1.html>.

Outra bibliografia de interesse para este tema:

- Allen, A. G., Brown, G. R., Chandrupatla, H., Fowler, S. ^a, Richmond, D. J., Skipper, S. W., Taylor J. ^a, Wasiak A.E. (1994), *A Simple UV Experiment of Environmental Significance*, Journal of Chemical Education, 71 (1), 83.
- Baird, N. C. (1995), *Introducing Atmospheric Reactions*, Journal of Chemical Education, 72 (2), 153-157.
- Borges, F., Duarte, M. C. (1999), *Avaliação de Atitudes Face ao Ambiente: Um Estudo Piloto com Crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico*, Revista de Educação, 3 (2), 131-137.
- Crossno, S. K., Kalbus, L. H., Kalbus, G. E. (1996), *Determinations of Carbon Dioxide by Titration*, Journal of Chemical Education, 73 (2), 175-176.
- Daniel, D. W. (1994), *A Simple UV Experiment of Environmental Significance*, Journal of Chemical Education, 71 (1), 83.
- Davis, M. R., Quigley, M. N. (1995), *Liquid Chromatographic Determination of UV Absorbers in Sunscreens*, Journal of Chemical Education, 72 (3), 279-281.
- Epstein, P.R. (Agosto 2000), *Is Global Warming Harmful to Health?*, Scientific American, 36-43.
- Herzog, H., Eliasson, B., Kaarstad, O. (Fevereiro 2000), *Capturing Greenhouse Gases*, Scientific American, 54-61.
- Heuer, W.B., Koubek, E. (1997), *An Investigation into the Absorption of Infrared Light by Small Molecules*, Journal of Chemical Education, 74 (3), 313-315.

- Karl, T. R., Trenberth, K. E. (Dezembro 1999), *The Human Impact on Climate*, Scientific American, 62-67.
- Kimbrough, D. R. (1997), *The Photochemistry of Sunscreens*, Journal of Chemical Education, 74 (1), 51-53.
- Lenton, G. M., Lenton, R. (1998), *The contribution of exhaust fumes from cars to the greenhouse effect*, School Science Review, 80 (291), 98-100.
- Meserole, C., Mulcahy, F. M., Lutz, J., Yousif, H. A (1997), *CO₂ Absorption of IR Radiated by the Earth*, Journal of Chemical Education, 74 (3), 316-317.
- Oliveira, V. (1996), *Efeito de Estufa: A Importância do conhecimento científico no desenvolvimento de uma ética ambiental*, Congresso Internacional Extratécnicas e Práticas em Educacion Ambiental, Comunicações, Santiago de Compostela, 67-74.
- Pearce F. (1989), *O Efeito de Estufa*, Edições 70, Lda.
- Richmond, T. G., Krause, P. F. (1995), *Demonstrating a Lack of Reactivity Using a Teflon-Coated Pan*, Journal of Chemical Education, 72 (8), 731.
- Rockwell, D. M., Hansen, T. (1994), *Sampling and Analyzing Air Pollution*, Journal of Chemical Education, 71 (4), 318-322.
- Rosendo G., Vieira P. A. (2001), *100 anos para a Terra arder*, Expresso Revista, 1480, 48-60.
- Russo, N. R., Russo, J. E. (1993), *Demonstration of DNA Strand Breakage Induced by Ultraviolet Light*, Journal of Chemical Education, 70 (4), 330-332.
- Santos B. (1989), *Camada de Ozono, A Sombrinha da Terra*, Instituto Nacional do Ambiente.

- Saxena, S., Upadhyay, R., Upadhyay, P. (1996), *A Simple and Low-Cost Air Sampler*, Journal of Chemical Education, 73 (8), 787-788.
- Silva e Sousa D. (2000), *O Planeta Continua a Aquecer. Efeito de Estufa e Alterações Climáticas*, Ozono, 1, 10-16.
- The EarthWorks Group (1989), *50 Simple Things You Can Do To Save the Earth*, EarthWorks Press, Berkeley, USA.
- Wittig F. (1998), *Climate Crusader. A Portrait of Paul J. Crutzen*, Science Spectra, 14.

Sites da Internet:

- Berk R., *Public Perceptions of Global Warming*:
<http://www.gcric.org/ASPEN/science/eoc94/EOC2-2.html>
- European Environment Agency – Environmental themes: <http://www.eea.eu.int/>
Climate change: <http://themes.eea.eu.int/toc.php/issues/climate?doc=39044&l=en>
Ozone depletion: <http://themes.eea.eu.int/showpage.php/issues/ozone?pg=40347>
- Global Warming International Center: <http://globalwarming.net/index.html>
- Green Paper on greenhouse gas emissions trading within the European Union:
http://europa.eu.int/comm/environment/docum/0087_en.htm
- Greenpeace: <http://www.greenpeace.org/~climate/>
Frequently Asked Questions: <http://www.greenpeace.org/~climate/science/reports/climatefaq.html>
- Melanoma.com – <http://www.melanoma.com/index.htm> :
Melanoma prevention – Sun Safety: <http://www.melanoma.com/prevent/sunsafety.htm>
Melanoma prevention – Sun Safety for Kids: <http://www.melanoma.com/prevent/kids.htm>
Melanoma prevention – About the UV Index: <http://www.melanoma.com/prevent/uvindex.htm>

- The 10th Global Warming International Conference & Expo (GW10):
<http://globalwarming.net/gw10.html>