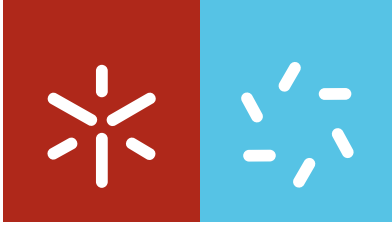


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ana Margarida da Costa Peixoto

**Efeito de Estufa e Aquecimento Global:
Um estudo com alunos de Física e Química
de 3.º Ciclo e Secundário**



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Ana Margarida da Costa Peixoto

**Efeito de Estufa e Aquecimento Global:
Um estudo com alunos de Física e Química
de 3.º Ciclo e Secundário**

Tese de Mestrado em Física
Área de especialização em Ensino

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Laurinda Sousa Ferreira Leite

Novembro 2008

DECLARAÇÃO

Nome: Ana Margarida da Costa Peixoto

Endereço electrónico: amcpeixoto@gmail.com

Telemóvel: 962 790 119

Número de Bilhete de Identidade: 1197425

Título da dissertação: Efeito de Estufa e Aquecimento Global : Um estudo com alunos de Física e Química de 3.º Ciclo e Secundário

Orientadora: Professora Doutora Laurinda Sousa Ferreira Leite

Ano de conclusão: 2009

Designação do Mestrado: Mestrado em Física – Área de especialização em ensino

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 12 de Março de 2009

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Doutora Laurinda Leite, pela sua permanente disponibilidade, dedicação, apoio e acompanhamento ao longo desta investigação, bem como pelas sugestões, correcções e todos os comentários que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos alunos que participaram nesta investigação e aos professores de Física e Química que se prontificaram a colaborar e sem os quais este trabalho não poderia ter sido efectuado.

À minha família, especialmente aos meus pais, que sempre me transmitiram o seu carinho, apoio e compreensão e incentivaram nos momentos de desânimo.

À minha irmã, pelo apoio crucial que me prestou, pelo alento e coragem que me deu, para não desistir e concluir este trabalho.

À minha amiga Tânia, ao meu amigo Jorge e aos meus primos João e Pedro, por toda a ajuda que me deram ao longo deste percurso de enriquecimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, pelo carinho, disponibilidade, compreensão e presença neste caminho de formação.

A todos os que, de algum modo, contribuíram para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigada.

**Efeito de Estufa e Aquecimento Global:
Um estudo com alunos de Física e Química de 3.º Ciclo e Secundário**

RESUMO

Nos últimos anos, a importância da Educação para o Desenvolvimento Sustentável tem crescido paralelamente ao aumento da destruição dos ecossistemas e do conhecimento sobre os graves problemas do ambiente, nomeadamente, o aumento do efeito de estufa e o aquecimento global. Dada a importância do papel dos cidadãos na resolução destes problemas ambientais, na sociedade contemporânea, é imprescindível o melhoramento da compreensão pública de ciências e a promoção da literacia científica de todos os cidadãos. Apesar destes temas estarem contemplados nos currículos portugueses e de haver alguma indicação de que alunos de outros países possuem concepções alternativas sobre os conceitos relacionados com o efeito de estufa e o aquecimento global, os estudos com vista à identificação dessas concepções parecem ser inexistentes em Portugal.

O trabalho que aqui se apresenta tem como objectivo principal investigar se os alunos portugueses, que terminam a escolaridade obrigatória ou o ensino secundário, possuem os conhecimentos adequados que lhes permitam participar em tomadas de decisão sobre estes graves problemas ambientais e adoptar as medidas adequadas à minimização dos mesmos.

Participaram no estudo dois grupos distintos: o grupo EB, constituído por alunos do 9º ano de escolaridade, e o grupo ES, constituído por alunos do 11º ou 12º ano de escolaridade, da área de Ciências e Tecnologias, que frequentaram o Bloco 1, da disciplina de Física e Química A. Tendo em vista a prossecução dos objectivos do estudo analisaram-se as respostas dos alunos a um questionário, que incluía questões de formato diversificado, centradas em conhecimentos e reacções face ao efeito de estufa e ao aquecimento global.

A análise dos resultados obtidos revelou que, de uma forma geral, os alunos portugueses possuem graves lacunas ao nível dos conceitos envolvidos na explicação dos fenómenos ambientais, objecto de estudo nesta investigação. Verificou-se que o aumento do nível de escolaridade, ao contrário do que seria de esperar, não significa uma evolução acentuada no que toca ao domínio dos conhecimentos relacionados com estes assuntos, tendo-se mesmo verificado a persistência de um grande número de concepções alternativas.

Os resultados do estudo sugerem a necessidade de promover uma consciencialização dos professores acerca das dificuldades dos alunos sobre os problemas ambientais em questão, a fim de adequarem as suas práticas docentes às necessidades de aprendizagem dos mesmos.

The Greenhouse Effect and Global Warming: A study with junior high and secondary school students

ABSTRACT

Over the last years, the acknowledgement of the importance of Education to Sustainable Development has been increasing parallel with the increase of ecosystems destruction and the knowledge base about a few major environmental problems, namely, the increase of greenhouse effect and global warming. Considering the important role that citizens living in contemporary societies can play in solving these environmental problems, it seems indispensable to improve the public understanding of science and to promote the scientific literacy of all citizens. These environmental issues are included in the Portuguese science syllabuses. However, despite the fact that research shows that students from other countries hold misconceptions on concepts related to greenhouse effect and global warming, as far as it is known, no research study was carried out in Portugal in order to identify Portuguese students' misconceptions on such issues.

Thus, the aim of this piece of research was to investigate whether Portuguese students, who complete compulsory school or secondary school education, hold suitable knowledge so that they are able to both participate in decision-making processes about these major environmental problems and take appropriate measures to minimize them.

Data were collected by means of a questionnaire that was answered by two different groups of students: group EB including 98 grade 9 students (junior high school); and group ES including 97 secondary school students (grades 11 and 12) who were attending Physics and Chemistry A (block 1) in a Science and Technology curriculum area. The questionnaire was composed of a diversity of types of questions focusing on the students' understanding of and reactions towards the greenhouse effect and global warming.

An analysis of students' answers shows that most of them have enormous gaps on their understandings of the main concepts relevant to build up explanations of the environmental phenomena that are at stake in this dissertation. In addition, the attendance of a higher school grade level does not mean an evolution on students' understandings related to these issues, as a great number of misconceptions seems to persist among secondary school students.

The results of the study point towards the need to promote teachers' awareness of students' difficulties concerning the understanding of these environmental issues, so that they can adapt their teaching practices and help students to overcome their learning needs.

ÍNDICE	Página
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE GRÁFICOS	xix
CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Contextualização da investigação	1
1.2.1 Cidadania, educação ambiental, desenvolvimento sustentável e educação em ciências	1
1.2.2 Os problemas ambientais no currículo e programas portugueses: O caso do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa	8
1.3 Objectivos da investigação	14
1.4 Importância da investigação	15
1.5 Limitações da investigação	15
1.6 Plano geral de trabalho	16
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Introdução	19
2.2 Contextualização Científica	19
2.2.1 A atmosfera terrestre	19
2.2.2 Balanço energético na atmosfera e na Terra	23
2.2.3 Alterações na composição da atmosfera ao longo do tempo	27
2.2.4 Duas consequências da alteração da composição da atmosfera: Aumento do Efeito de Estufa e Aquecimento Global	31
2.2.5 Formas de minimizar os impactos do Aquecimento Global	46

2.3 Os conhecimentos dos alunos acerca de Aquecimento Global e Efeito de Estufa	56
2.3.1 Concepções sobre as causas do Aquecimento Global e Efeito de Estufa	56
2.3.2 Concepções sobre as consequências do Aquecimento Global e Efeito de Estufa	60
2.3.3 Concepções sobre as formas de minimização dos fenómenos Aquecimento Global e Efeito de Estufa	61
2.3.4 Preocupações e fontes de informação sobre os fenómenos do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa	63
 CAPÍTULO III - METODOLOGIA	 65
3.1 Introdução	65
3.2 Descrição do estudo	65
3.3 População e amostra	66
3.4 Técnica e instrumento de recolha de dados	68
3.4.1 Selecção da técnica de recolha de dados	68
3.4.2 Construção e validação do questionário	69
3.5 Recolha de dados	71
3.6 Tratamento e análise dos dados	72
 CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	 77
4.1 Introdução	77
4.2 Concepções dos alunos sobre o Efeito de Estufa	77
4.3 Concepções dos alunos sobre o Aquecimento Global	97
4.4 Preocupações e fontes de informação sobre os fenómenos do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa	115
 V - CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES	 123
5.1 Introdução	123
5.2 Conclusões	123
5.3 Implicações dos resultados do estudo	129
5.4 Sugestões para futuras investigações	132
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 135

ANEXOS

Anexo 1: Questionário aplicado aos alunos do grupo EB	143
Anexo 2: Questionário aplicado aos alunos do grupo ES	151
Anexo 3: Aspectos que as respostas dos alunos às questões que envolvem conceitos científicos devem incluir para serem classificadas como cientificamente aceites	159

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 - Aspectos contemplados em cada uma das questões dos questionários	71
2 - Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à confusão entre o efeito de estufa e o buraco/ camada de ozono	81
3 - Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas em que o efeito de estufa é relacionado com a retenção do calor/radiação que chega à Terra	82
4 - Exemplos de respostas que apresentam imprecisões sobre o fenómeno efeito de estufa e/ou incorrecções de linguagem	84
5 - Exemplos de esquemas elaborados por alunos do grupo EB que evidenciam confusão entre o efeito de estufa e o buraco/ camada de ozono	86
6 - Exemplos de esquemas elaborados por alunos do grupo ES, que evidenciam confusão entre o efeito de estufa e o buraco/camada de ozono	87
7 - Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à relação causal entre a diminuição da camada de ozono e o aumento do efeito de estufa	93
8 - Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas relativas ao efeito de estufa como fenómeno natural, essencial para a existência de vida na Terra	95
9- Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas “A diminuição da camada de ozono está relacionada com o aumento do efeito de estufa e, conseqüentemente, com o aumento da temperatura do planeta” e “Com o aumento do efeito de estufa incidem na Terra mais raios solares, logo há um aumento da temperatura”	96
10- Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à confusão entre o aquecimento global e o buraco/camada de ozono	99
11- Dimensões conceptuais gerais e itens a elas associados	113

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 - Irradiância solar espectral no topo da atmosfera e ao nível do mar. As áreas sombreadas representam a absorção de vários gases da atmosfera. (Adaptada de Oort & Peixoto (1992)	23
2 - Diagrama esquemático da distribuição da radiação solar recebida pela Terra	24
3 - Espectro de absorção da porção de atmosfera abaixo dos 11km e dos gases atmosféricos entre o topo da atmosfera e a superfície terrestre. (Adaptada de Oort & Peixoto (1992)	25
4 - A radiação solar penetra na atmosfera vinda do lado esquerdo com S (Wm^{-2}). Uma fracção a , chamada albedo, é difundida ou reflectida. (Retirado de Boeker & Grondelle, 2001)	26
5 - Variação das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo, representados com símbolos de diferentes cores para os diferentes estudos, e amostras atmosféricas - linhas vermelhas. (Adaptado de IPCC, 2007)	29
6.- Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, em ppm. Retirado de NOAA/ESRL (2007) (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html)	34
7.- Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, em ppm. Retirado de NOAA/ESRL (2007) (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html)	35
8.- Mudanças observadas na: (a) temperatura média global da superfície; (b) média global da subida do nível do mar a partir de dados de marégrafo (azul) e satélite (vermelho); (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para Março-Abril. (retirada de IPCC, 2007, p. 9)	38
9 - Estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) e faixas, em 2005, para o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) antrópicos e outros agentes e mecanismos importantes, juntamente com a extensão geográfica típica (escala espacial) do forçamento e o nível de compreensão científica (NCC) avaliado. (retirada de IPCC, 2007, p. 6)	39
10 - Relação entre a temperatura máxima diária e a mortalidade durante a onda de calor de Julho de 1991 em Lisboa (retirado de Santos <i>et al.</i> , 2002, p. 17)	43
11 - Concentrações projectadas de CO_2 dos 6 cenários ilustrativos do RECE do IPCC (2000), juntamente com IS92a por comparação com Second Assessment Report (SAR). (retirada de IPCC, 2001, p. 14)	44

12- Aumento da temperatura média global produzidos pelo modelo climático do Hadley Center, para vários cenários do RECE. (Adaptada de Hadley Center, 2005, p. 40)	44
13- Distribuição das emissões de CO ₂ eq por sector, relativas a 2000.(retirada de PNUD, 2007, p. 40)	51
14- Ilustrações do fenómeno do efeito de estufa presentes em manuais de Física e Química	83
15- Opinião dos alunos sobre a contribuição de cada um dos gases, para o efeito de estufa	89
16- Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites sobre as causas do aquecimento global	101
17- Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as causas do aquecimento global	104
18- Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites sobre as consequências do aquecimento global	106
19- : Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as consequências do aquecimento global	108
20- Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites sobre as formas de minimizar o aquecimento global	110
21- Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as formas de minimizar o aquecimento global	112
22- Fontes de informação onde os alunos adquiriram mais conhecimentos acerca do efeito de estufa e do aquecimento global	119
23- Fontes de informação onde os alunos adquiriram menos conhecimentos acerca do efeito de estufa e do aquecimento global	121

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 - Distribuição das respostas dos alunos sobre a definição de efeito de estufa	78
2 - Distribuição das respostas que evidenciam confusões conceptuais sobre o efeito de estufa	80
3 - Distribuição das respostas dos alunos sobre se “A diminuição da camada de ozono tem contribuído para o aumento do efeito de estufa”	92
4 - Distribuição das respostas dos alunos sobre “Se não houvesse efeito de estufa, nenhum de nós existiria”	94
5 - Distribuição das respostas dos alunos sobre “Se o efeito de estufa aumentar, a temperatura da Terra também aumenta”	96
6 - Distribuição das respostas dos alunos sobre o conceito de aquecimento global	98
7 - Distribuição das respostas dos alunos sobre a consciência pessoal e social acerca do aquecimento global	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1 - Distribuição dos sujeitos da subamostra EB, relativamente às características de sexo, idade e nível obtido na disciplina de Ciências Físico-Químicas (C.F.Q.)	67
2 - Distribuição dos sujeitos da subamostra ES, relativamente às características de sexo, idade e classificação obtida na disciplina de Física e Química A (F.Q.A)	68

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1 Introdução

Este primeiro capítulo tem como objectivo contextualizar e apresentar a investigação realizada. A contextualização da investigação inicia-se com a apresentação de interrelações entre cidadania, educação ambiental (EA), desenvolvimento sustentável (DS) e educação em ciências e com a discussão da importância destas para a formação dos cidadãos (1.2.1). A contextualização continua com uma concisa análise da importância que é dada a dois problemas ambientais, o aquecimento global e o efeito de estufa, nos programas curriculares portugueses (1.2.2). De seguida, apresentam-se os objectivos da investigação (1.3) e discute-se a sua importância (1.4). Finalmente, reflecte-se sobre as limitações da investigação (1.5) e descreve-se a estrutura geral da dissertação (1.6).

1.2 Contextualização da investigação

1.2.1 *Cidadania, educação ambiental, desenvolvimento sustentável e educação em ciências*

“O mundo é um lugar perigoso para se viver, não por causa daqueles que fazem o mal mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.”

Albert Einstein

Problemas como o Efeito de Estufa (EE) e o Aquecimento Global (AG) fazem as primeiras páginas dos jornais, delatando a objectividade da crise ambiental mundial que se vive e anunciando a nossa desregrada relação com o Planeta.

As transformações que ocorrem à nossa volta lembram e obrigam a uma reflexão sobre a forma como nos devemos relacionar com o Ambiente e, conseqüentemente, sobre o modo como a humanidade está a viver. Contudo, teimamos em permanecer indiferentes e a permitir que a

crise ambiental seja encarada como uma consequência natural e inevitável das sociedades avançadas. No entanto, a degradação ambiental manifesta-se como sintoma de uma crise de civilização, marcada pelo predomínio do desenvolvimento da razão tecnológica sobre a organização da natureza.

A espécie humana isolou-se da sua relação com a natureza, dominando o meio ambiente e colocando-o ao seu serviço. Esta ligação desarmónica desencadeou um desequilíbrio ambiental, ao nível planetário, que, no início do séc. XXI, atingiu proporções alarmantes, comprometendo o futuro do Planeta.

O ser humano transpôs, e muito, os limites biológicos de intervenção na natureza, atingindo duramente a capacidade suporte do ambiente. Neste contexto, para a humanidade ter a possibilidade de continuar a crescer e a prosperar, urge promover-se a modificação da relação actual homem - natureza. Devemos ambicionar uma relação integrada do ser humano com a natureza, em que este esteja ciente de que a sua acção local e/ou individual age sincronicamente no global, superando a separação entre o indivíduo e a natureza.

O alcançar desta consciência planetária pressupõe uma nova visão pedagógica das questões ambientais. Muito para além dos conhecimentos tecnológicos e científicos, a contenda apresenta-se focada na construção de um novo comportamento individual e colectivo, que conduza a uma cidadania implicada e informada e que ajude a assegurar um ambiente saudável e um futuro sustentável para todos, finalidades da EA.

É em 1975, na Conferência de Belgrado, promovida pela Organização das Nações Unidas para a Educação Ciência e Cultura (UNESCO) e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP), que se consagra a grande meta da EA:

“...formar uma população mundial consciente e preocupada com o ambiente e com os seus problemas, uma população que tenha os conhecimentos, as competências, as atitudes, as motivações e o sentido de compromisso que lhe permitam trabalhar individual e colectivamente na resolução das dificuldades actuais, e impedir que elas se apresentem de novo.” (INamb, s/d, p. 4)

A Declaração de Tbilisi, produzida em 1977 na Conferência Intergovernamental sobre EA, traça de forma mais sistemática os objectivos e finalidades gerais consagrados na Carta de Belgrado. Naquela declaração, é valorizado o desenvolvimento da EA a nível regional, nacional e internacional, considerando-a como um direito de todo o cidadão, e é dada maior importância às

relações natureza-sociedade. Segundo Hopkins & McKeown (2002), nos documentos produzidos em Tbilisi, para além, da EA surgir associada aos conceitos de conhecimento, participação, atitudes e valores, passam a figurar algumas referências aos factores social, económico e político da EA, prevalecendo, contudo, os relacionados com os problemas ambientais e os impactos da acção humana no meio natural.

Segundo Novo (1996), a década de 1980-90 pode ser considerada como o salto da consciência sobre a problemática ambiental, desde os grupos minoritários até ao cidadão em geral. Se, por um lado, é uma década em que a crise ecológica se acentua, por outro, é o momento em que se inicia a divulgação científica de problemas como o buraco na camada de ozono e as alterações climáticas. A compreensão de que a problemática ambiental é um fenómeno global e, conseqüentemente, a percepção de que existe uma interrelação entre esses problemas e os fenómenos ambientais, constituíram os maiores avanços naquela década.

Em 1987, a Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento (WCED), criada em 1983, por iniciativa das Nações Unidas, com o objectivo de estudar, de modo interrelacionado, os problemas do ambiente, publicou o relatório *Our Common Future*, como conclusão do seu trabalho. Nesse relatório apresentam-se os vínculos entre os problemas ambientais, a economia internacional e os modelos de desenvolvimento, formalizando-se a primeira definição de “desenvolvimento sustentável”, como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1997).

A partir da publicação deste relatório, a estreita dependência entre ambiente e desenvolvimento começou a ser realçada, nas reuniões mundiais de EA e nos documentos estratégicos nelas aprovados. As directrizes da EA, para a década de noventa, definidas no Congresso de Moscovo, em 1987, organizado em conjunto pela UNESCO e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP), assentaram no pressuposto de que não é possível estabelecer as finalidades da EA sem ter em consideração as realidades económicas, sociais e ecológicas de cada sociedade e os objectivos que cada uma fixou para o seu desenvolvimento (Novo, 1996)

A década de noventa iniciou-se com a vinculação entre a EA e os modelos de desenvolvimento, cada vez mais evidenciada. Assim, a publicação *Caring for the Earth. A strategy for sustainable living* (IUCN/UNEP/WWF, 1991) estabelece, firmemente, a educação para o DS, como a meta central da EA, nos anos noventa:

“Viver de modo sustentável deve ser o novo padrão a seguir em todos os níveis: individual, comunitário, nacional e mundial. A adopção deste padrão requer uma mudança significativa nas atitudes e práticas de todas as pessoas. Temos de assegurar que os programas educativos reflectam a importância de uma ética para uma vida sustentável...”

(IUCN/UNEP/WWF, 1991, p. 5).

É na década de 90 que, em vários documentos do foro nacional e internacional, conceitos como o de DS/sustentabilidade, que remontam aos anos 70, se tornaram das palavras mais utilizadas na linguagem científica, constituindo, também, uma das ideias mais poderosas e importantes do nosso século (Freitas, 2000).

De 1987 a 1992, o conceito de DS continuou a aperfeiçoar-se e a clarificar-se, em grupos de debate e de negociação, figurando nos 40 capítulos da Agenda 21 (UN, 1992a), plano de acção redigido na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, que decorreu no Rio de Janeiro, em 1992. No capítulo 36 desta agenda defende-se que a educação é fundamental para a promoção do DS e para melhorar a capacidade das pessoas em abordar os assuntos relacionados com o Ambiente e o Desenvolvimento (UN, 1992a).

Esta visão foi reiterada no documento base da Conferência Internacional da UNESCO, realizada em Thessalonikí, *Education and Public Awareness for Sustainability*, que afirmava que:

“É consensual que a educação é o meio mais efectivo que a sociedade tem para enfrentar as mudanças do futuro. Educação, para sermos mais correctos, não é a resposta completa para o problema. Mas a educação, em sentido lato, deve ser uma parte vital de todos os esforços para imaginar e criar novas relações entre as pessoas e para fomentar um grande respeito pelas necessidades do ambiente.” (UNESCO-EPD 1997, p. 15)

A partir da Conferência do Rio (1992), começou a tomar forma, sob a designação de “educação para o ambiente e o desenvolvimento”, uma nova perspectiva educativa, hoje designada por Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) ou Educação para a Sustentabilidade (ES).

O consenso, relativamente ao significado destas designações, ainda não existe, o mesmo acontecendo com a relação entre estas e a EA. A maioria dos especialistas inquiridos no âmbito do *ESDebate* (Hesselink *et al.*, 2000) parece “encarar a educação para o desenvolvimento

sustentável como um novo estado evolutivo ou uma nova geração de educação ambiental” (p. 21). Há, contudo, outras opiniões (Hopkins & McKeown, 2002) que defendem que a EDS e a EA têm similaridades, mas são abordagens distintas, ainda que complementares, e que é importante que a EA e a EDS mantenham agendas, prioridades e desenvolvimentos programáticos diferentes.

Segundo Freitas (2006), a história das relações entre a EA e a EDS é complexa e tem passado por diversas fases. A EDS, para além de algumas breves referências à EA (Fien & Tilburry, 2002; Hopkins & McKeown, 2002), positivas mas críticas, tem vindo, progressivamente, a exibir um discurso afirmativo, em defesa de uma entidade própria que acaba sempre por passar por uma diferenciação face à EA. Tal é bem evidente no documento (UNESCO, 2004) que promove a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), o qual considera que a EA é “uma disciplina bem estabelecida que incide sobre o tipo de relações que o Homem mantém com o ambiente natural, nas formas de o conservar e preservar e como utilizar equilibradamente os seus recursos” (p. 16). Acrescenta, ainda, que “o desenvolvimento sustentável enquadra a educação ambiental, projectando-a num contexto mais alargado de factores sócio-culturais e temáticas sócio-políticas como a equidade, a pobreza, a democracia e a qualidade de vida”(p. 16) e que, por isso, “a educação para o desenvolvimento sustentável não deve ser equiparada à educação ambiental” (p. 16).

Ao longo deste trabalho, a designação mais utilizada será a de EDS, por ser a terminologia que surge com mais frequência a nível internacional e nos documentos das Nações Unidas.

Entende-se por EDS:

“...um processo de educação permanente que conduz a uma informada e implicada cidadania, com competências de criativa resolução de problemas, literacia científica, tecnológica e social e um compromisso de envolvimento em acções responsáveis que ajudem a assegurar um ambiente saudável e um futuro economicamente próspero para todos.” (Fien & Maclean, 2000, p. 37)

No contexto desta dissertação importa sublinhar que os documentos da Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014) realçam que a educação é considerada um elemento indispensável para alcançar o DS. Deve, assim, ser uma educação de valores que fomente o desenvolvimento de atitudes e estilos de vida necessários a um DS,

associados a um processo que permita aprender a tomar decisões que considerem, a longo prazo, um futuro de equidade, a nível da economia, de qualidade ambiental e de direitos para todas as comunidades (UNESCO, 2004). Como afirmou o director geral da UNESCO, Mr Koichiro Matsuura, em 2002, a educação não é aqui encarada como um fim em si mesma, mas antes como um instrumento para estimular as mudanças necessárias à promoção do DS (Matsuura, 2002). Desde que o DS passou a ser um assunto comum a todas as conferências das Nações Unidas, a educação começou a ser, consensualmente, considerada como uma força para a mudança necessária (UNESCO, 2004).

Nestes encontros internacionais não se reflectiu apenas sobre o papel vital da educação para um futuro sustentável, mas definiram-se também as componentes da nova abordagem educacional. Enfatizaram-se as abordagens interdisciplinares e holísticas, visando promover o desenvolvimento de competências e conhecimentos necessários a um futuro sustentável, bem como as mudanças necessárias à sua concretização, em termos de valores, atitudes, comportamentos e estilos de vida. Requer-se a reorientação de sistemas educativos, políticas e práticas, de modo a habilitar todos os cidadãos a tomarem decisões e actuarem de formas culturalmente apropriadas e localmente relevantes, para repararem os problemas que ameaçam o nosso futuro comum (Matsuura, 2002).

Analisando a evolução que o conceito de EDS sofreu, devido às directivas e orientações providas dos encontros internacionais, pode-se inferir que, actualmente, as suas finalidades incluem componentes dos domínios cognitivo, ético-moral e orientados para a acção. Valorizam o aprender a tomar decisões que envolvam aspectos económicos, ecológicos e de equidade de todas as comunidades, estimulando a compreensão de questões e problemas actuais como um requisito para, no presente, se tomarem decisões e adoptarem comportamentos que não comprometam o futuro (Leite & Pedrosa, 2004). Nesta perspectiva, o papel das Ciências e da Tecnologia (C&T) merece destaque. As sociedades modernas necessitam de pessoas, ao mais alto nível, com competências em C&T, de um público, em geral, com uma ampla compreensão dos seus assuntos e métodos e de uma C&T convertida numa força social capaz de dar forma ao futuro.

Neste contexto, a educação científica tem um papel vital, pelo facto de as Ciências munirem as pessoas com os conhecimentos necessários, para entender o mundo e o seu papel neste. Na Declaração Mundial sobre Educação para Todos, aprovada numa reunião internacional, entre representantes de governos, organismos internacionais e bilaterais de

desenvolvimento e organizações não governamentais (ONGs), celebrada em 1990, em Jomtien, Tailândia, acentuou-se que, para se obter um DS, é fundamental que a população possua conhecimentos básicos em matéria de ciências e tecnologia (UNESCO, 1998).

A EDS, para além de fornecer um entendimento dos valores, princípios e estilos de vida que levarão à transição para um DS, também tem de proporcionar a compreensão científica da própria sustentabilidade (UNESCO, 2004).

Na Conferência Mundial sobre Ciências para o século XXI, que decorreu na Hungria, em 1999, para além de outros compromissos, defendeu-se a integração das ciências na cultura geral, dando relevo à sua contribuição para um pensamento crítico e aberto, e para a melhoria da capacidade das pessoas para enfrentarem os desafios que caracterizam a sociedade moderna (UNESCO – CASTME - HBCSE, 2001). Numa sociedade dominada e dirigida por ideias e produtos provenientes das C&T, é recorrendo a competências e a conhecimentos científicos e tecnológicos que os cidadãos devem aprender a resolver e a não provocar determinados problemas, de modo a satisfazer, de forma sustentada, as necessidades da sociedade.

Neste contexto e dada a importância do papel dos cidadãos na resolução dos problemas ambientais, na sociedade contemporânea, é imprescindível melhorar a compreensão pública de ciências e a promoção da literacia científica. Segundo Sjøberg (2002), o conhecimento e as destrezas em Ciência e Tecnologia são cruciais, para a maioria das nossas acções e decisões, como trabalhadores, como votantes ou consumidores.

É muito comum considerar o sistema de educação formal como o centro das aprendizagens. Contudo, é indeclinável reconhecer que há aprendizagens que têm lugar fora do sistema escolar, durante a vida diária e nas interacções com a família, o trabalho, o computador ou a televisão. Acresce que as atitudes e práticas relacionadas com o ambiente e o DS vão sendo cimentadas através de comportamentos individuais e colectivos, evidenciados em centenas de decisões e acções tomadas no dia a dia (UNESCO, 2004). O planeamento da educação para o DS deve ter em consideração todos estes aspectos.

A EDS deve representar uma preocupação com tradução prática nos currículos da generalidade das disciplinas dos diversos níveis de escolaridade, tendo em vista não só desenvolver conhecimentos e competências, mas também estimular mudanças de atitudes e de comportamentos, no sentido de as pessoas contribuírem para ambientes mais amigáveis, na dupla perspectiva ecossocial e ecológica (Leite & Pedrosa, 2004).

Segundo Freitas (2000), a implementação da EDS, no contexto escolar, obriga a uma reformulação geral dos currículos, dos conteúdos e das metodologias.

Na reorientação dos currículos de educação científica que ocorreu em diversos países, incluindo Portugal, e que originou reformas educativas e/ou reorganizações curriculares, no ensino básico e secundário, as finalidades da EDS foram consideradas.

Nos currículos e programas portugueses, diversos assuntos relacionados com o ambiente estão contemplados. Entre eles contam-se o AG e o EE, que são das questões ambientais com mais destaque na discussão pública e que constituem, actualmente, motivos de grande preocupação para os governos. Este facto é relevante na medida em que possibilita que o cidadão comum adquira conhecimentos acerca dos conceitos relacionados com o EE e o AG, bem como das suas causas e consequências, que lhe permitam tomar decisões e adoptar posições adequadas à sua minimização, sempre que isso se justifique. Neste contexto, e apesar de vivermos no século da comunicação e informação, a Escola, e mais especificamente o ensino das Ciências, têm um papel primordial na formação dos cidadãos.

1.2.2 Os problemas ambientais no currículo e programas portugueses: O caso do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa

O processo de Reorganização Curricular do Ensino Básico, em Portugal, nasceu em 1996, embora a definição dos seus Princípios, Medidas e Implementação só tenha sido publicada em 2001 (Decreto-Lei n.º6/2001). Um dos principais documentos que resultou desta reorganização foi o Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB), publicado em 2001 (DEB, 2001a), que concretiza uma nova visão de currículo, de desenvolvimento e de gestão curricular, assumida naquele Decreto-Lei.

O CNEB (DEB, 2001a) defende, claramente, a ideia de que a escola deve preparar os cidadãos para que tenham uma “participação na vida cívica de forma livre, responsável, solidária e crítica” (p. 15). Para isso, considera que deve ser veiculado um ensino que torne os alunos capazes de “mobilizar saberes [...], científicos e tecnológicos para compreender a realidade e para abordar situações e problemas do quotidiano” (p. 15).

O CNEB encontra-se organizado por temáticas abrangentes e transdisciplinares, salientando o desenvolvimento de competências imprescindíveis para a análise e resolução de problemas. Por outro lado, adopta uma noção ampla de competência:

“que integra conhecimentos, capacidades e atitudes e que pode ser entendida como saber *em acção* ou *em uso*. [...] A competência diz respeito ao processo de activar *recursos* (conhecimentos, capacidades, estratégias) em diversas situações, nomeadamente em situações problemáticas. Por isso, não se pode falar em competência sem lhe associar o desenvolvimento de algum grau de *autonomia* em relação ao uso do saber” (DEB, 2001a, p. 9).

Um dos aspectos inovadores do currículo é integrar “*temas transversais* às diversas áreas disciplinares, nomeadamente no âmbito da educação dos direitos humanos e da EA” (DEB, 2001a, p. 10). Em consonância com o currículo, as Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais (DEB, 2001b), doravante identificadas por OCCFN, têm carácter orientador, não prescritivo, e aberto a desenvolvimento curricular pelos professores, o qual está patente na seguinte afirmação: “ O trabalho de interpretação e concretização destas orientações cabe aos professores...”(p. 10). Consequentemente, evidenciam que, no âmbito de preocupações e orientações expressas e consonantes com perspectivas de EA e de educação para o DS, há espaço para a construção do currículo pelos professores (Leite & Pedrosa, 2004).

Nas orientações curriculares valorizam-se processos de identificação, formulação e resolução de problemas, sugerindo-se o recurso a abordagens investigativas. Estas ideias são evidenciadas em alguns itens da “Operacionalização Transversal” da competência geral “Adoptar estratégias adequadas à resolução de problemas e tomadas de decisões”, como por exemplo: “Identificar soluções problemáticas em termos de levantamento de questões; Confrontar diferentes perspectivas face a um problema, de modo a tomar decisões adequadas; Propor situações de intervenção, individual e, ou colectiva, que constituam tomada de decisões face a um problema, em contexto” (DEB, 2001b p. 23).

No âmbito desta reorganização do ensino básico, para além das áreas curriculares disciplinares, houve a criação de três áreas curriculares não disciplinares: área de projecto, formação cívica e estudo acompanhado (Decreto-Lei nº 6/2001). No artigo 5º, nº 3, alínea a), do decreto-lei supramencionado refere-se que a área de projecto é um espaço singular para a concepção, realização e avaliação de projectos de carácter interventivo, dirigidos à resolução de

problemas e que respondam às necessidades e interesses dos alunos. Esta área apresenta um carácter interdisciplinar e transdisciplinar, na medida em que é através da articulação de saberes de diversas áreas curriculares que se elaboram e implementam os projectos. Assim, a EA ou a ES encontram, nesta área curricular não disciplinar, espaço e tempo privilegiados ao seu pleno desenvolvimento. Por seu turno, a formação cívica tem como meta tornar os alunos cidadãos responsáveis, críticos, activos e intervenientes na escola, na comunidade e na sociedade (art.5º,n.º 3,c)) do Decreto-Lei nº 6/2001). Assim, pela sua natureza, estas duas áreas vieram criar excelentes oportunidades para a promoção da EA.

A análise geral, apresentada anteriormente, de documentos resultantes da reorganização curricular, evidencia o reconhecimento formal da importância das ideias e dos princípios orientadores da educação para o DS e da EA. Contudo, é inequivocamente no currículo das áreas disciplinares científicas que, como se mostra de seguida, esta propensão se torna mais evidente.

Os quatro temas da área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais envolvem as componentes científica, tecnológica, social e ambiental, mas é sobretudo na temática “Sustentabilidade na Terra” que é dada mais ênfase à EA e EDS. No texto de introdução a este tema pode ler-se: “pretende-se que os alunos tomem consciência da importância de actuar ao nível do sistema Terra, de forma a não provocar desequilíbrios, contribuindo para uma gestão regrada dos recursos existentes” (DEB, 2001b, p. 9). Acresce que a questão “De que modo a humanidade tem contribuído para a mudança global” é uma das orientadoras desta temática, para as Ciências Físico – Químicas (CFQ). Pelo seu carácter interdisciplinar, sugerem as OCCFN que a sua exploração seja feita em conjunto com as disciplinas de Ciências Naturais e Geografia.

É no tópico “A influência da actividade humana na atmosfera terrestre e no clima” e no sub-tema “Gestão Sustentável dos Recursos” que se pretende que o aluno desenvolva competências essenciais que lhe permitam saber “olhar” o Mundo, reconhecer, identificar e debater situações problemáticas a nível mundial, e consiga ter consciência dos procedimentos mais correctos a tomar, para evitar, ou mesmo eliminar, estes problemas.

Embora nem no CNEB nem nas OCCFN se encontre explicitamente qualquer referência às problemáticas do AG e do EE, pressupõe-se que sejam abordadas, em CFQ, quando aí se refere que os alunos devem sair do ensino básico com a noção de que é necessário acabar, o mais cedo possível, com a emissão de alguns gases altamente prejudiciais, como os óxidos azotados

e os clorofluorcarbonetos, para a atmosfera terrestre, com o objectivo de a preservar o mais possível (DEB, 2001b).

Nas Ciências Naturais, a referência ao problema do EE surge na afirmação de que “...poderão constituir temas de discussão: o efeito de estufa, o buraco do ozono, as chuvas ácidas, a desflorestação, entre outros. Estes assuntos são passíveis de serem estudados sob a forma de pequenos projectos, interdisciplinarmente com Ciências Físico-Químicas e Geografia “ (DEB, 2001b, p. 26).

Geografia é uma disciplina de charneira entre as Ciências Naturais e Sociais (DEB, 2001a, p. 107). Pela análise que é feita, de seguida, ao seu currículo e às orientações curriculares, conclui-se que apresenta bastantes sugestões de situações de aprendizagem relacionadas com a análise e tomada de decisões, em assuntos como o AG, EE e alterações climáticas, os quais, tendo uma base científica, apresentam implicações sociais. É no tema “À descoberta de Portugal, da Europa e do Mundo”, a leccionar no 3º ciclo, que em Geografia se contempla o desenvolvimento de competências importantes para a aprendizagem dos assuntos tratados nesta investigação. “Interpretar, analisar e problematizar as inter-relações entre fenómenos naturais e humanos [...]; Analisar casos concretos de impacte dos fenómenos humanos no ambiente natural, reflectindo sobre as soluções possíveis [...], Reflectir criticamente sobre a qualidade ambiental do lugar/região, sugerindo acções concretas e viáveis que melhorem a qualidade ambiental desses espaços e Analisar casos concretos de gestão do território que mostrem a importância da preservação e conservação do ambiente como forma de assegurar o DS” (DEB, 2001a, p. 123).

É no sub-tema “Ambiente e Sociedade”, da disciplina de Geografia, que são tratados assuntos como Ambiente e DS, Alterações do ambiente global, Grandes desafios ambientais e Estratégias de preservação do património. Nas Orientações Curriculares para esta disciplina, sugerem-se as seguintes experiências educativas: “Identificar questões/temas geográficos sobre o impacte da actividade humana, nas diferentes regiões do Mundo”, dando como exemplo, “Quais os grandes problemas ambientais da actualidade?, Como conciliar o desenvolvimento com o equilíbrio ambiental?, Que medidas se podem tomar de modo a contribuir para o DS [...]; Realizar trabalhos de grupo para identificar os impactes das alterações do ambiente global (aquecimento global e mudanças climáticas) e [...] organizar debates/entrevistas com entidades públicas, população afectada, especialistas, sobre os problemas ambientais detectados para reflectir sobre atitudes a tomar para os ultrapassar” (DEB, 2001c, p. 27).

Do exposto, pode-se inferir que as áreas disciplinares referidas constituem um meio poderoso para promover a educação dos indivíduos, como também podem dar um contributo fundamental para a Educação para a Cidadania, nomeadamente no âmbito da EA e da EDS. No entanto, no que tange às problemáticas abordadas nesta investigação, entende-se que nas Ciências Físicas e Naturais, devido ao escasso desenvolvimento nas OCCFN, a profundidade com que se vai abordar essas questões ambientais fica ao critério dos professores de ciências.

Dada a reduzida importância atribuída a estes assuntos nos textos reguladores do ensino básico, a questão que se pode colocar é a de saber se os alunos portugueses que concluem a escolaridade obrigatória adquirem os conhecimentos cientificamente aceites que lhes permitam ser cidadãos informados e participativos nas problemáticas do EE e do AG, ou se só o ensino secundário conseguirá facultar tais conhecimentos.

Na mais recente revisão curricular do ensino secundário, em Portugal, estabeleceram-se novos princípios orientadores da organização e da gestão curricular dos cursos gerais e tecnológicos (Decreto-Lei nº7/2001).

Algumas das finalidades formativas do ensino secundário definidas, no domínio das ciências, foram a “consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional” (DES, 2001, p. 4). A disciplina de Física e Química A, que tem um programa novo (DES, 2001, 2003), deve, além disso, tornar os alunos conscientes do papel da Física e da Química na explicação de fenómenos do mundo que os rodeia, bem como na sua relação íntima com a Tecnologia.

Neste renovado programa reconhecem-se ideias e princípios orientadores da educação para o DS e da EA, designadamente quando se refere, como uma das componentes da formação científica, a educação pelas Ciências que “tem como meta a dimensão formativa e cultural do aluno através da ciência, revalorizando objectivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacte das actividades humanas no ambiente, rigor e honestidade na ponderação de argumentos...)” (DES, 2001, p. 5). Finalidades desta disciplina, como “compreender o papel do conhecimento científico, e da Física e Química em particular, nas decisões do foro social, político e ambiental, [...] desenvolver capacidades e atitudes fundamentais, estruturantes do ser humano, que lhes permitam ser cidadãos críticos e intervenientes na sociedade, [...] desenvolver uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia,

do Ambiente e da Sociedade, ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos e sentir-se melhor preparados para acompanhar, no futuro, o desenvolvimento científico e tecnológico, em particular o veiculado pela comunicação social” (DES, 2001,p. 6-7), evidenciam, também, a importância atribuída à educação no sentido da sustentabilidade.

No que toca à compreensão de questões ambientais mais específicas, dos grandes problemas ambientais que dominam a actualidade, o único que é explicitamente citado no programa é o buraco na camada de ozono, sendo obrigatória uma abordagem detalhada de todos os conceitos químicos que permitem a compreensão deste fenómeno. Relativamente às problemáticas do AG e do EE, um ensino formal destas é também veiculado aos alunos que prosseguem estudos no ensino secundário, na área de Ciências e Tecnologia, na disciplina de Física e Química A. O ensino dos conhecimentos científicos que permitirão a melhor compreensão destes dois problemas é contemplado quer na componente de Química, quer na de Física, apesar de ser nesta última que se abordam, de uma forma mais directa, estas questões.

Com efeito, é na componente de Química, na unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”, que se abordam assuntos indispensáveis para o entendimento dos fenómenos tratados nesta investigação. Temáticas como a “Variação da composição da atmosfera (componentes maioritários) ao longo dos tempos e suas causas; Composição média da atmosfera actual: componentes principais e componentes vestigiais; Agentes de alteração da concentração de constituintes vestigiais da atmosfera: agentes naturais e antropogénicos e [...] A atmosfera como filtro de radiações solares” (DES, 2001,p. 46), vão possibilitar aos alunos, por exemplo, a compreensão do papel de alguns gases da atmosfera (O_2 , N_2 , H_2O e CO_2), a explicação de como não só alguns agentes naturais, mas também a actividade humana provocam alterações na concentração dos constituintes vestigiais da troposfera e a interpretação da atmosfera como filtro solar. Apesar de não ser imposta a referência ao fenómeno do efeito de estufa, parece inevitável que, neste contexto, o professor o faça.

A componente de Física (DES, 2001) desenvolve-se “em torno da compreensão da Lei da Conservação da Energia, permitindo o enquadramento de diversos conceitos (de áreas como a Termodinâmica, a Mecânica e a Electricidade) numa perspectiva de educação ambiental” (DES, 2001, p. 55). É no tema “Energia - do Sol para a Terra” que surgem declaradamente estas duas problemáticas. Sugere-se que se “...promova o desenvolvimento de actividades (extra-aula) em que os alunos possam apreciar as implicações do efeito estufa e consequências negativas das

alterações provocadas na atmosfera por diversas actividades humanas” (DES, 2001, p. 65). Para além disso, “Propõe-se o contexto global de fenómenos de aquecimento do quotidiano, começando pelo aquecimento da Terra em que se destaca o papel essencial da radiação solar...” (DES, 2001, p. 62), para se abordar conteúdos físicos como, por exemplo, o balanço energético da Terra, a emissão e a absorção de radiação e a radiação solar que estão relacionados com os dois fenómenos a que se reporta esta investigação.

Depois do exposto, pode-se inferir que, no final do primeiro ano de escolaridade da disciplina de Física e Química A, os discentes estarão munidos de um conjunto de conhecimentos que lhes permitirão compreender e explicar cientificamente o fenómeno do EE. Quanto ao AG, fenómeno de grande complexidade, devido a toda a conjectura científica, social, económica e política que o caracteriza, fica ao critério do professor de Física e Química a sua abordagem, bem como a profundidade e o tipo de abordagem que vai fazer sobre esta problemática, condicionado pela imposição do ensino de um conjunto de conteúdos.

Se aos factos anteriormente referidos se acrescentarem os resultados obtidos em estudos (ex.: Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997; Meadows & Wiesenmayer, 1999; Koulaidis & Christidou, 1998; Khalid, 2003) realizados com alunos estrangeiros, com diferentes idades e níveis de escolaridade, denunciadores de uma compreensão parcial, por parte dos alunos, dos fenómenos EE e AG e da presença de variadas concepções alternativas acerca destes assuntos, pode-se concluir que os docentes assumem um papel muito importante na eliminação dessas concepções alternativas, promovendo o ensino de um adequado conhecimento de base e uma boa compreensão desses conceitos.

1.3- Objectivos da investigação

A importância do AG e do EE, quer para o indivíduo quer para sociedade actual, a falta de investigação sobre os conhecimentos nesta área que os estudantes portugueses que concluem a escolaridade obrigatória ou o ensino secundário adquirem e a existência de evidências que mostram que cidadãos de outros países têm concepções alternativas sobre estes assuntos, levaram a que esta investigação se pautasse pelos seguintes objectivos:

- Diagnosticar os conhecimentos que alunos portugueses, à saída do ensino básico e do ensino secundário, apresentam relativamente ao AG e EE;

- Comparar os conhecimentos que alunos do 3º ciclo do ensino básico e alunos do ensino secundário possuem acerca do AG e do EE;
- Investigar sobre a consciência pessoal e social dos alunos acerca do AG;
- Conhecer as fontes de informação que os alunos dizem ter usado para aprender acerca dos fenómenos do AG e do EE.

1.4- Importância da Investigação

O descrito na contextualização desta investigação acerca da importância da EDS na formação de cidadãos e da abordagem que é feita, nos programas curriculares portugueses, sobre o EE e sobre o AG, permite afirmar que, se por um lado, é inegável a relevância destas duas problemáticas ambientais, quer para o cidadão quer para a sociedade global, por outro lado, várias são as indicações de que existe a possibilidade de os alunos portugueses, que terminam a escolaridade obrigatória ou o ensino secundário, não possuírem os conhecimentos adequados que lhes permitam participar em tomadas de decisão sobre tais assuntos e adoptar as medidas adequadas para a resolução destes graves problemas ambientais. Apesar de ter sido desenvolvida uma grande quantidade de investigação no domínio das concepções alternativas, envolvendo alunos portugueses, não existem no nosso país, tanto quanto se sabe, até ao momento, investigações sobre os fenómenos em causa.

Neste contexto, o conhecimento das ideias que alunos portugueses adquirem na escola sobre estes assuntos vai permitir averiguar em que medida é que o ensino praticado, principalmente pelos professores de Física, está a ser ou não eficaz e inferir se é dada, ou não, a importância devida a estes assuntos nos programas e orientações curriculares de disciplinas no âmbito da Física e Química.

1.5- Limitações da Investigação

Uma investigação, que tem por objectivo diagnosticar os conhecimentos que os alunos apresentam sobre determinados assuntos, deve abranger um largo número de alunos, constituindo um grupo heterogéneo. No entanto, para contemplar tudo isso, tal estudo seria

demasiado moroso, difícil de concretizar e incompatível com os prazos fixados para uma dissertação de Mestrado.

Tendo consciência destes factos, o estudo apresenta algumas limitações. A mais significativa relaciona-se com a amostra em estudo, a qual não oferece garantias de representatividade dos alunos portugueses, facto que impede que as conclusões obtidas não sejam generalizadas ao universo dos alunos portugueses.

A segunda limitação está inerente à escolha do questionário como instrumento de recolha de dados. Decorrente do facto de este ter sido aplicado em várias escolas, do distrito de Viana do Castelo, a investigadora não teve a possibilidade de ser sempre ela a aplicadora do mesmo. Foram fornecidas, aos professores aplicadores, instruções acerca das condições de aplicação do questionário, designadamente, sobre a necessidade de ter de ser preenchido individualmente, em ambiente similar ao de um exame e o cuidado de alertarem os alunos para a importância do preenchimento integral do mesmo, evitando deixar respostas em branco. Contudo, o facto de a investigadora não ter estado sempre presente impediu o controlo das circunstâncias em que o mesmo foi aplicado, levando, por exemplo, a que tivesse obtido algumas respostas em branco.

Outro aspecto que limita esta investigação relaciona-se com o instrumento de recolha de dados e tem a ver com as respostas, por vezes rápidas e sintéticas, dadas pelos alunos às questões de resposta aberta. O facto de não termos a possibilidade de esclarecer e/ou aprofundar essas respostas dificultou a análise de dados e, por vezes, impede-nos de compreender profundamente as concepções dos alunos que participaram no estudo.

1.6- Plano geral de trabalho

Esta dissertação organiza-se em cinco capítulos. O primeiro capítulo, onde se insere o “Plano geral de trabalho”, tem como objectivo contextualizar e apresentar a investigação realizada, dando uma visão geral da importância do estudo dos fenómenos AG e EE, quer a nível do ensino básico, quer do secundário (1.2). De seguida, apresentam-se os objectivos do estudo (1.3), discute-se a sua importância (1.4) e as suas limitações (1.5).

No segundo capítulo, procede-se a uma revisão de literatura, base do trabalho realizado. Aborda-se informação relativa ao suporte científico dos dois problemas ambientais estudados (2.2). Faz-se ainda, uma síntese de estudos sobre os conhecimentos e as concepções alternativas perfilhadas pelos alunos de diferentes países e níveis de escolaridade (2.3),

referentes às causas, consequências e formas de minimizar os fenómenos AG e EE. Finalmente, apresenta-se uma secção relativa às preocupações e fontes de informação usadas por diversos tipos de sujeitos sobre os fenómenos em estudo.

No terceiro capítulo, descreve-se e justifica-se a metodologia de investigação utilizada. Depois de apresentar uma síntese do trabalho realizado (3.2), refere-se a constituição da amostra (3.3), justifica-se a selecção da técnica de recolha de dados (3.4.1), caracteriza-se o questionário e descreve-se a sua validação (3.4.2). Finalmente, apresenta-se o modo como foi efectuada a recolha (3.5), a análise e o tratamento de dados (3.6).

No quarto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos, analisando-se comparativamente as ideias dos alunos do ensino básico e do ensino secundário, sobre o EE (4.2) e sobre o AG (4.3), assim como acerca das preocupações e fontes de informação sobre os fenómenos em causa (4.4). Os resultados obtidos são relacionados com os relatados em outros estudos semelhantes.

No quinto e último capítulo, apresentam-se as conclusões da investigação (5.2), bem como as implicações das mesmas (5.3) e, ainda, sugestões para futuras investigações (5.4).

A dissertação termina com uma listagem das referências bibliográficas, seguida dos anexos considerados fundamentais para a compreensão do trabalho.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão de literatura que serve de suporte ao trabalho realizado. O capítulo encontra-se dividido em duas secções. Na primeira dedicada a uma apresentação, em termos científicos, dos fenómenos em estudo, EE e AG (2.2), começa-se por descrever a estrutura, composição e funções da atmosfera terrestre (2.2.1), para depois abordar o balanço energético na atmosfera e na Terra (2.2.2), as alterações na composição da atmosfera (2.2.3) e duas das suas consequências: o aumento do EE e o AG. (2.2.4).

A segunda secção incide sobre uma síntese de estudos acerca dos conhecimentos e concepções alternativas perfilhadas por alunos de diferentes países e níveis de escolaridade nos temas EE e AG (2.3), referentes às causas (2.3.1), consequências (2.3.2) e formas de minimizar os fenómenos AG e EE (2.3.3). Finalmente, apresenta-se uma secção relativa às preocupações e fontes de informação usadas por diversos tipos de sujeitos sobre os fenómenos em estudo (2.3.4).

2.2 Contextualização Científica

2.2.1 *A atmosfera terrestre*

“O ilimitado céu azul, o oceano que nos permite respirar e nos protege do vazio negro e da morte, não é mais do que uma camada infinitesimalmente fina. Como é perigoso ameaçar-se a mais ínfima porção deste suporte de vida.”

(Shatalov, s/d, Cosmonauta Russo)

O Grande Oceano Aéreo foi a designação que Alfred Russel Wallace, co-fundador com Charles Darwin, da teoria da evolução pela selecção natural, concebeu para descrever a atmosfera terrestre (Flannery, 2006). Reguladora da temperatura do planeta, tem permitido, desde há cerca de 4600 milhões de anos, que a Terra seja o único berço de vida que se conhece. Constitui o meio gasoso que interage com a hidrosfera, a criosfera, a litosfera e a biosfera, influenciando muitos fenómenos que ocorrem no planeta. Além disso, funciona como escudo protector em relação à matéria e energia que provêm do espaço exterior.

A atmosfera terrestre é uma fina camada de gases que se estende até cerca de 1000 km acima do nível do mar mas, aproximadamente 99% da massa que a constitui, localiza-se a menos de 40km de altitude. Verticalmente, divide-se em quatro camadas distintas, definidas com base na temperatura e na direcção do gradiente de temperatura. A troposfera é a camada que está em contacto com a superfície terrestre e estende-se, em média, por 12km de altitude (Smithson *et al.*, 2002). É a camada menos espessa, mas, em contrapartida, é a mais densa, com cerca de 80%, em massa, de todos os gases da atmosfera. O seu terço inferior (que contém metade de todos os gases da atmosfera) é a única parte respirável de toda a atmosfera (Flannery, 2006). A sua temperatura diminui com a altitude, arrefecendo cerca de 6,5°C por quilómetro percorrido na vertical, atingindo na tropopausa, limite da troposfera, entre -50°C e -70°C (Dawson, 1995). É nesta camada que ocorre a maioria dos fenómenos que determinam o tempo e o clima, como por exemplo, a formação de nuvens, a precipitação e o vento.

Acima da troposfera encontra-se a estratosfera, na qual o gradiente vertical de temperatura é positivo. A temperatura aumenta com a altitude, devido à absorção da radiação ultravioleta (UV) pelo ozono e pelo oxigénio. Aos 50km, atinge os 0°C, e a pressão é de 1hPa (Guyot, 1998). Nesta camada da atmosfera, os movimentos verticais são pouco significativos, sendo mais acentuados os fluxos de ar paralelos às camadas. Por esta razão, quando os poluentes resultantes de erupções vulcânicas, de testes nucleares ou semelhantes, são introduzidos na estratosfera, o retorno destes para a superfície da Terra pode demorar muitos anos. Assim, quando gases, como os clorofluorcarbonetos (CFC's), atingem esta altitude, permanecem, aí, durante longos períodos de tempo, em interacção com os outros gases atmosféricos.

Acima da estratosfera encontra-se a mesosfera, caracterizada por ser a camada mais fria da atmosfera. A temperatura diminui com a altitude, atingindo cerca de -90°C aos 80km de altitude, pois, devido à baixa concentração de espécies químicas, a absorção da radiação solar é fraca (Guyot, 1998).

A última camada da atmosfera é a termosfera que se estende pelo espaço exterior. Contém gases ionizados rarefeitos e é nesta camada que se atingem as temperaturas mais elevadas, as quais podem alcançar os 2000°C.

Actualmente, a atmosfera da Terra é maioritariamente constituída por azoto (78,08% em volume) e oxigénio (20,95%) ficando os restantes 2% para os chamados componentes vestigiais ou minoritários que, para além do vapor de água, cuja quantidade varia consoante o ar esteja seco ou húmido, incluem árgon (0,93%), dióxido de carbono (0,037%), néon (0,0018%), hélio (0,0005%), metano (0,00017%), cripton (0,0011%), hidrogénio (0,00005%) e xénon (0,000009%) (Smithson *et al.*, 2002). Embora em quantidades ainda menores, inclui, também, gases como os óxidos de azoto (NO; NO₂), o monóxido de carbono, o amoníaco, o dióxido de enxofre, o ozono e os clorofluorcarbonetos (CFC's).

No entanto, a atmosfera terrestre não teve sempre esta composição e, ainda hoje se investiga qual terá sido a composição química da atmosfera primitiva, havendo várias teorias, entre elas a que preconiza uma atmosfera oxidante e outra que a refuta e diz que seria não oxidante. No entanto, a corrente de maior expressão supõe que era constituída, principalmente, pelos gases libertados durante as erupções vulcânicas, na sua maioria, vapor de água, azoto molecular, dióxido de carbono e dióxido de enxofre (Ramsden, 1996).

Ao longo de milhões de anos, a sua constituição foi-se modificando e, entre 1800 e 800 milhões de anos atrás, iniciou-se a acumulação de oxigénio na atmosfera, até atingir a concentração actual (Ramsden, 1996). A presença deste gás na atmosfera é essencial porque, para além, de os seres vivos precisarem dele para viver, permitiu a formação da camada de ozono, que absorve parte das radiações UV mais energéticas, mortais para os seres vivos, tornando, assim, possível a evolução da vida na Terra, para formas cada vez mais complexas.

O azoto na atmosfera tem, também, uma grande influência na vida. Este gás é fixado através de bactérias capazes de produzirem amoníaco, desencadeando ciclos bioquímicos que conduzem à formação de aminoácidos, as unidades estruturais das proteínas que entram na constituição dos tecidos vivos (Ramsden, 1996).

O vapor de água e o dióxido de carbono, apesar de existirem em quantidades pequenas na atmosfera, participam em processos biológicos que dão vida aos organismos (processo de fotossíntese, alimentação, etc.) e exercem um papel fundamental na regulação do clima da Terra.

O vapor de água da atmosfera forma-se a partir da evaporação da água dos oceanos, rios e mares, e, ainda, a partir da respiração de plantas e animais. A água é um meio de transporte natural da energia, entre a atmosfera e a superfície da Terra, através das sucessivas evaporações e condensações que ocorrem no ciclo da água.

A quantidade de dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera (0,037%, em volume) é regulada pelo balanço entre processos que o removem da atmosfera e por outros que o repõem, originando o chamado ciclo natural do carbono (Ramsden, 1996). Neste ciclo, os principais sumidouros de carbono são os oceanos e as plantas, por meio da fotossíntese, enquanto que as principais fontes são a respiração das plantas, a decomposição da matéria viva, a combustão dos combustíveis fósseis e, em muito menor escala, a produção de cimento, as queimadas e os fogos florestais.

O CO_2 é solúvel na água, existindo um equilíbrio entre o CO_2 no estado gasoso e o dissolvido nos oceanos. Quando a concentração de CO_2 na atmosfera aumenta, este gás dissolve-se nos oceanos, acontecendo a situação inversa se houver uma diminuição do seu nível na atmosfera. Os oceanos têm, portanto, um papel fundamental na manutenção dos níveis deste gás na atmosfera. De acordo com os resultados de medições dos níveis de CO_2 , ligeiramente acima e abaixo da superfície da água, realizadas a bordo de navios de investigação oceanográfica, durante décadas, metade do carbono desaparecido vai parar ao oceano (Appenzeller, 2004).

Quando o CO_2 se dissolve nas águas superficiais dos oceanos, formam-se iões hidrogenocarbonato (HCO_3^-), iões carbonato (CO_3^{2-}) e iões hidrogénio (H^+), havendo um equilíbrio regulador do pH do oceano. Quando a água fica saturada em iões carbonato, este combina-se com elementos metálicos, como o cálcio, depositando-se na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3), que é usado para a construção das conchas dos animais. Apenas, uma parte deste composto vai sendo acumulada em bacias no fundo dos oceanos, sendo um processo que leva milhares de anos. Presentemente, existe um equilíbrio entre a concentração de carbonato e o CO_2 absorvido (Flannery, 2006). Se a absorção de CO_2 pelos oceanos aumentar, estes tornam-se mais ácidos, havendo menor disponibilidade de CO_3^{2-} e maior formação de HCO_3^- . Estas reacções alteram o estado de saturação em relação ao CaCO_3 , podendo provocar a diminuição da sua concentração, a ponto de impedir os animais de manterem as suas coberturas protectoras (Feely, 2004).

2.2.2 Balanço energético na atmosfera e na Terra

A Terra encontra-se num estado de quase-equilíbrio, a que corresponde uma determinada temperatura média, com poucas oscilações. Este valor médio é determinado pelo equilíbrio existente entre a energia absorvida, proveniente do Sol, e a energia que o globo (Terra e atmosfera) emite para o Espaço.

Apesar de o Sol emitir continuamente uma grande quantidade de energia radiante, que se transmite através do Espaço, apenas uma pequena fracção dessa energia é recebida pelo globo terrestre. Efectivamente, a energia solar recebida no topo da atmosfera, por unidade de área, normal à direcção de propagação, e por unidade de tempo, quando o Sol se encontra à distância média Terra-Sol, é cerca de $1370 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$, equivalente a 1370 W/m^2 , valor designado por constante solar **S** (Smithson *et al.*, 2002).

Como se mostra na figura 1, a maior parte da radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre é radiação visível ($0,4 < \lambda < 0,8 \mu\text{m}$). Uma fracção mais pequena é da região do infravermelho próximo ($\lambda > 0,8 \mu\text{m}$) e, ainda em menor quantidade, da região do ultravioleta ($\lambda < 0,4 \mu\text{m}$).

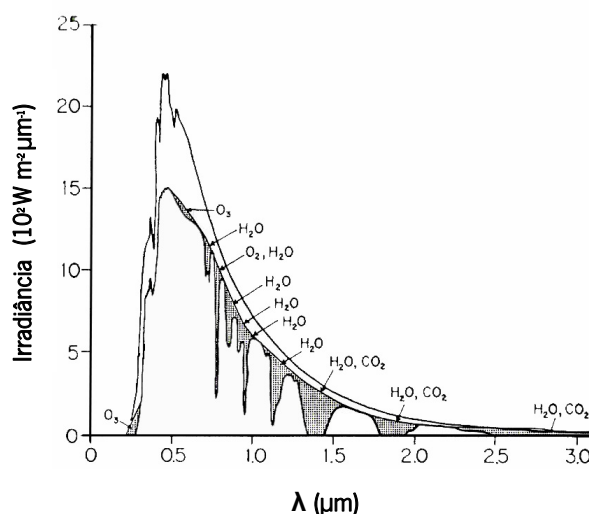


Figura 1: Irradiância solar espectral no topo da atmosfera e ao nível do mar. As áreas sombreadas representam a absorção de vários gases da atmosfera. (Adaptada de Oort & Peixoto (1992))

Da energia radiante, proveniente do Sol, que atinge o topo da atmosfera, uma fracção é difundida no ar, reflectida nas nuvens ou na superfície terrestre, constituindo o albedo do planeta (Oort & Peixoto, 1992). Da restante radiação incidente, parte é absorvida pelas nuvens e atmosfera, sendo a maior percentagem transmitida para a superfície da Terra.

Se considerarmos 100 unidades de radiação solar incidente (lado esquerdo da figura 2), 16 unidades são absorvidas pelo ozono estratosférico, vapor de água troposférico e aerossóis, quatro unidades pelas nuvens, e 50 unidades pela superfície da Terra. As restantes 30 unidades de radiação solar são difundidas pelo ar (seis unidades), reflectidas pelas nuvens (20 unidades), e reflectidas pela superfície da Terra (quatro unidades). Estas 30 unidades não participam nos processos físicos e químicos que ocorrem no sistema climático. Das 50 unidades da radiação solar absorvidos pela superfície da Terra, designadamente através do solo, oceanos, lagos, etc. (lado direito da figura 2), 20 unidades são emitidas para a atmosfera, sob a forma de radiação infravermelha (IV), e 30 unidades são transferidas ascendentemente pela atmosfera, sendo seis unidades sob a forma de calor sensível (condução e convecção) e 24 unidades por evaporação (calor latente).

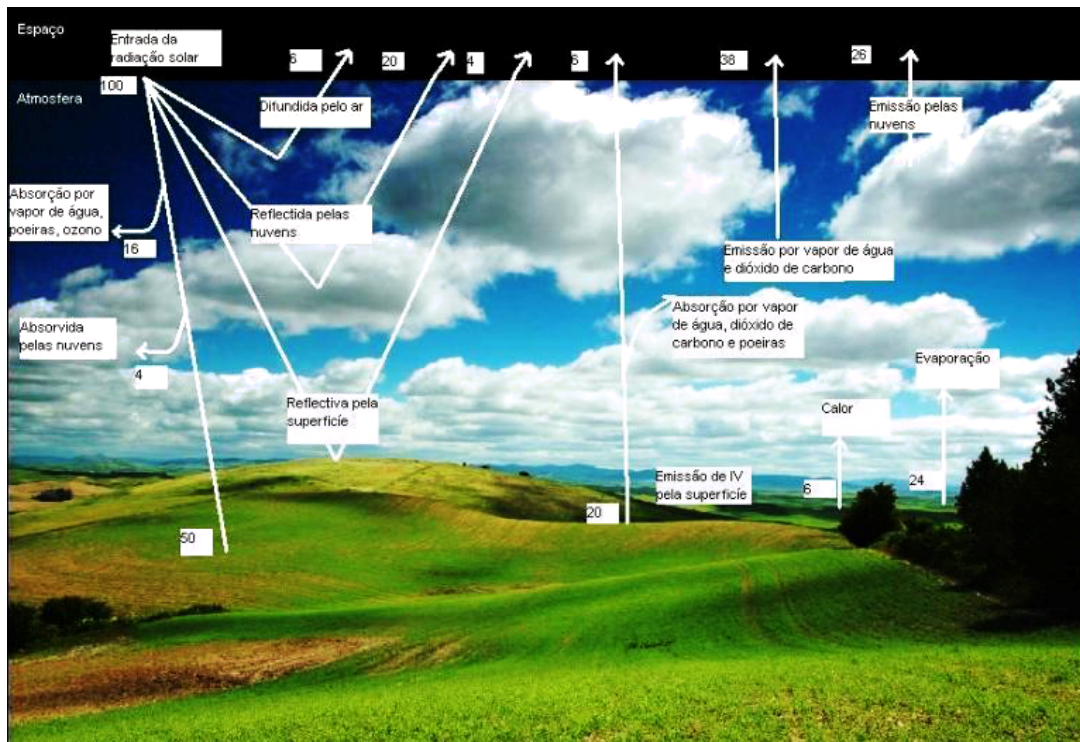


Figura 2: Diagrama esquemático da distribuição da radiação solar recebida pela Terra

Das 20 unidades de radiação IV emitidas, seis unidades são emitidas directamente para o espaço e 14 unidades são, maioritariamente, absorvidas por gases como o vapor de água, o dióxido de carbono (CO_2), o ozono (O_3), os óxidos azotados (N_2O , NO_2) e o metano (CH_4). Na figura 3 (b) e 3(d), pode-se observar o espectro solar que apresenta um grande número de bandas de absorção, algumas resultantes da absorção na atmosfera solar e outras da absorção

dos gases da atmosfera terrestre. A absorção só acontece para determinados comprimentos de onda, de acordo com a estrutura atômica e molecular de cada gás (Oort & Peixoto, 1992).

A radiação UV é, maioritariamente, absorvida, na estratosfera, sendo usada na cisão das ligações em moléculas de oxigénio, originando radicais que se combinam com outras moléculas de oxigénio, formando o ozono. Este, por sua vez, ao absorver grande quantidade de radiação UV, principalmente, entre $0,22\mu\text{m} < \lambda < 0,29\mu\text{m}$, decompõe-se. Estes dois processos permitem o equilíbrio entre o oxigénio molecular e o ozono na estratosfera. Contudo, este equilíbrio natural de produção e destruição de ozono estratosférico tem vindo a ser perturbado, devido, essencialmente, à existência de agentes antropogénicos, como, por exemplo, os CFC's. Dado que o ozono estratosférico funciona como um filtro das radiações UV, impedindo-as de atingir a troposfera, é fundamental na protecção da vida na Terra e, por isso, benéfico para a saúde humana. Por outro lado, o ozono troposférico, que é produzido por processos fotoquímicos entre o Sol e os poluentes, particularmente óxidos nitrosos resultantes da combustão nos automóveis, é um poluente prejudicial para os seres vivos (Smithson *et al.*, 2002).

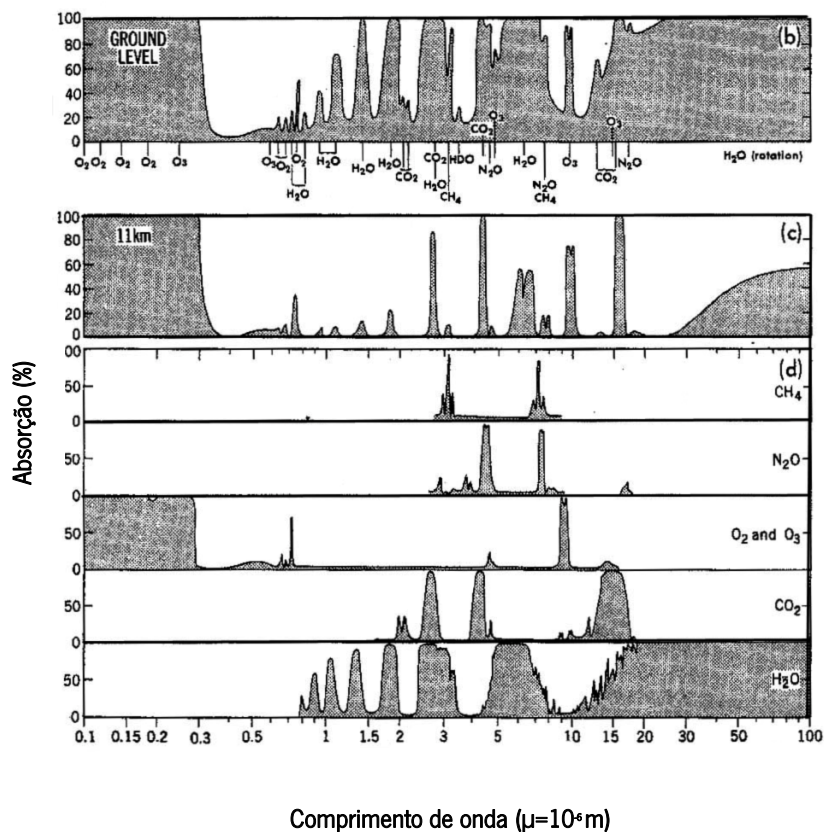


Figura 3: Espectro de absorção da porção de atmosfera abaixo dos 11km e dos gases atmosféricos entre o topo da atmosfera e a superfície terrestre. (Adaptada de Oort & Peixoto (1992))

O vapor de água também absorve quantidades consideráveis de radiação solar, mas com longos comprimentos de onda ($0,8 < \lambda < 20 \mu\text{m}$), da zona da radiação IV longínqua correspondente à radiação emitida pela superfície terrestre. Outros gases com capacidade para absorver radiação IV são o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de azoto, os CFC's, etc., conhecidos por gases de efeito de estufa (GEE). A energia absorvida por cada gás está quantizada, provocando transições electrónicas, vibracionais e rotacionais nas moléculas dos GEE (Oort & Peixoto, 1992). Da energia que é emitida quando regressam ao estado fundamental, parte é re-emitada para o espaço e outra parte regressa à superfície da Terra, aquecendo-a.

A atmosfera permite, assim, que muita da radiação solar de baixo comprimento de onda volte para o espaço, sem obstáculos, mas, por outro lado, captura a radiação de longos comprimentos de onda. Deste modo, a temperatura da Terra é mais elevada do que se a atmosfera fosse transparente a radiações de longos comprimentos de onda. Este é o fenómeno designado por Efeito de Estufa (Oort & Peixoto, 1992).

O EE é um processo natural, necessário para manter a superfície da Terra com uma temperatura média de 15°C , e que tornou possível a evolução da vida neste planeta.

Se não houvesse EE, a temperatura média da superfície da Terra seria muito mais baixa e não permitiria a existência de vida. Com efeito, uma fracção a da radiação, o albedo ($a=0,3$), é reflectida para o espaço. Como referido anteriormente, o valor da constante solar S é de $1370\text{W}/\text{m}^2$. Consequentemente, e de acordo com a figura 4, a quantidade $(1-a)S$ é a radiação que incide na superfície terrestre.

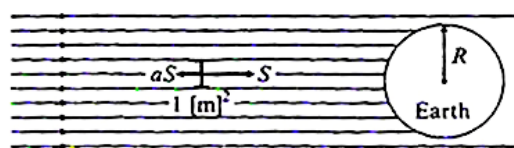


Figura 4: A radiação solar penetra na atmosfera vinda do lado esquerdo com S (Wm^{-2}). Uma fracção a , chamada albedo, é difundida ou reflectida. (Retirado de Boeker & Grondelle, 2001)

Então, a radiação total absorvida pela Terra, cuja área corresponde a πR^2 , com raio da Terra (R) igual a $6,37 \times 10^6$ m, será de:

$$E_{\text{absov. Terra}} = (1-a)S \pi R^2$$

De acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, a quantidade de energia emitida por um corpo negro (Wm^{-2}), à temperatura $T(K)$ será:

$$I(T) = \sigma T^4$$

sendo $\sigma = 5,671 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$ (constante de Stefan - Boltzmann).

Considerando-se o Sol e a Terra como dois corpos negros, a radiação total emitida pela superfície da Terra, depende da área da superfície da Terra (A_{Terra}) e da sua temperatura (T):

$$E_{emit. Terra} = A_{Terra} \sigma T_{Terra}^4$$

Sabendo que num estado de equilíbrio térmico,

$$\text{Energia Emitida} = \text{Energia Absorvida}$$

decorre do exposto anteriormente que

$$4 \pi R^2 \sigma T_{Terra}^4 = (1-a)S \pi R^2$$

Resolvendo esta equação em ordem à Terra, obtém-se $T_{Terra} = 255K \approx -18^\circ C$.

Daqui se infere que, caso não houvesse EE, a temperatura média global da Terra seria da ordem de $-18^\circ C$, temperatura que seria incompatível com a vida tal como a conhecemos. Estima-se contudo, que o EE que ocorre naturalmente é responsável pelo aquecimento da Terra em cerca de, aproximadamente, $33^\circ C$, o que conduz a uma temperatura média de $15^\circ C$.

2.2.3 Alterações na composição da atmosfera ao longo do tempo

A explosão demográfica, associada ao acréscimo da taxa de consumo de energia *per capita*, originou um massivo consumo de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão (Flanerry, 2006). Em consequência, os produtos resultantes da sua combustão foram sendo lançados, acumulando-se, progressivamente, na atmosfera.

Outros factores de natureza antrópica como, por exemplo, as mudanças no uso dos solos, designadamente a desflorestação e a alteração das práticas agrícolas, têm tido um efeito similar, provocando alterações nas concentrações de alguns gases constituintes da atmosfera (Flanerry, 2006).

Foi em meados do século XVIII, com o início da Revolução Industrial, que se começaram a verificar modificações na composição da atmosfera. Esse período caracterizou-se por um intenso desenvolvimento tecnológico, social e económico, significando, num sentido mais pragmático, a substituição da ferramenta pela máquina. Antropocénico, ou seja, era da humanidade, foi o nome dado por Paul Crutzen (que ganhou o prémio Nobel pelas suas investigações sobre o buraco de ozono) e pelos seus colegas a este período que se iniciou por volta de 1800 (Flanery, 2006).

As variações na composição da atmosfera não se têm verificado nos componentes maioritários – azoto e oxigénio - mas sim, em alguns dos componentes vestigiais já existentes e noutros, emitidos para a atmosfera. Segundo dados do quarto relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2007), uma iniciativa das Nações Unidas que aglutina mais de 2500 climatólogos de todo o mundo, os gases cujas concentrações atmosféricas globais têm aumentado mais significativamente, desde 1750, são o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso. Actualmente, os valores das suas concentrações ultrapassam em muito os respectivos valores pré-industriais.

No que diz respeito ao dióxido de carbono, a sua concentração atmosférica global aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm (ou seja, 280 partes por milhão) para 379 ppm em 2005 (figura 5). A principal causa de aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono, desde o período pré-industrial, é o consumo de combustíveis fósseis, sendo que as mudanças verificadas no uso da terra têm vindo a contribuir com uma parcela significativa, porém menor (IPCC, 2007).

A concentração atmosférica global de metano aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 715 ppb (ou seja, 715 partes por bilião) para 1732 ppb no início da década de 90, sendo de 1774 ppb em 2005 (figura 5). Este gás é produzido quando há a decomposição de matéria orgânica em ambientes sem oxigénio, sendo o maior constituinte do gás natural. Provém de fontes naturais, como pântanos e intestinos, e de fontes antropogénicas, incluindo a agricultura, a pecuária, os aterros, o tratamento de águas residuais e a queima de biomassa e de combustíveis fósseis. Há 90% de probabilidade de o aumento observado da concentração de metano se dever às actividades antrópicas, predominantemente à agricultura e ao uso de combustíveis fósseis. Contudo, as contribuições relativas dos diferentes tipos de fontes não estão ainda determinadas com precisão (IPCC, 2007).

Relativamente ao óxido nítrico, verificou-se um aumento da sua concentração atmosférica global de um valor pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005 (figura 5). A sua taxa de aumento foi aproximadamente constante, desde 1980. É produzido naturalmente, nos oceanos e nas florestas tropicais. Contudo, as emissões humanas excedem largamente as naturais, provenientes da queima de combustíveis fósseis e de biomassa, da utilização de adubos azotados e de automóveis com conversor catalítico, e do processo de produção de nylon e ácido nítrico. Este gás é eliminado da atmosfera por reacções químicas que envolvem a luz solar. Segundo o IPCC (2007), a origem de mais de um terço de todas as emissões de óxido nítrico é antrópica, devendo-se principalmente à agricultura.

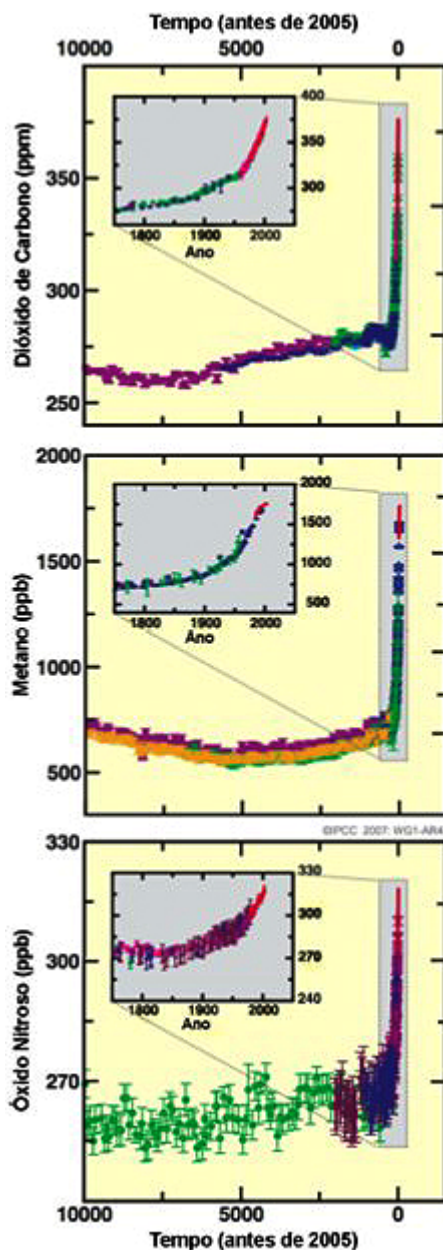


Figura 5: Variação das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo, representados com símbolos de diferentes cores para os diferentes estudos, e amostras atmosféricas - linhas vermelhas. (Adaptado de IPCC, 2007)

Para além do incremento da concentração dos gases acima mencionados, têm-se constatado, ainda que de forma menos significativa, alterações nas concentrações de outros componentes da atmosfera, designadamente os compostos halogenados ou halocarbonos: hidrocarbonetos fluorados ou hidrofluorcarbonos (HFC), clorofluorcarbonetos (CFC), hidrocarbonetos perfluorados ou perfluorcarbonos (PFC) e no hexafluoreto de enxofre (SF_6), no monóxido de carbono (CO), nos compostos orgânicos voláteis (COV) e nos compostos reactivos de azoto (NO_2 e NO), cuja soma se designa por NO_x .

Os HFC's são usados como substitutos dos CFC's, gases expelidos nos sistemas de refrigeração, ar condicionado, sprays, etc. As emissões destes últimos têm diminuído em virtude da entrada em vigor do Protocolo de Montreal (1987), um tratado internacional em que os países signatários se comprometam a substituir estas substâncias que se demonstrou estarem a reagir com o ozono (O_3) na parte superior da estratosfera.

Recentemente as emissões de gases como os CFC-11, CFC-113, CH_2Cl_2 e CCl_4 têm vindo a diminuir e só a do CFC-12 tem vindo a aumentar, mas mais lentamente (IPCC, 2001) que a diminuição daquelas. Porém, as concentrações de CFC's na atmosfera deverão continuar sensivelmente constantes durante os próximos anos, pois estes gases permanecem inalterados na atmosfera, por longos períodos de tempo.

A concentração de HFC's tem vindo a aumentar na atmosfera, não só como resultado da continuidade das suas utilizações anteriores mas também, devido ao facto de passarem a ser usados como substitutos dos CFC's.

Os perfluorcarbonos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6) são libertados por indústrias, como a da fusão do alumínio e a de fabrico de semicondutores, bem como pelos sistemas de transmissão e distribuição da electricidade. Têm tempos de permanência na atmosfera extremamente longos e absorvem grande quantidade de radiação IV, pelo que são poderosos GEE.

Os gases quimicamente reactivos, como os compostos reactivos de azoto (ex: NO_x), o monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis (COV), controlam, em parte, a capacidade oxidante da troposfera, assim como a abundância do ozono. O monóxido de carbono tem importante papel na química da troposfera, especialmente, por ser removido da atmosfera através da reacção com o radical OH^\bullet , funcionando, assim, como um dos controladores de sua concentração no ar, em diversos locais (Ramsden, 1996). Este gás é produzido através de várias

fontes como na oxidação atmosférica do metano, na emissão por plantas e microrganismos, na foto-oxidação de matéria orgânica dissolvida em oceanos e, também, em diferentes tipos de actividade humana, tais como combustão incompleta de biomassa e de combustíveis fósseis. São as fontes antropogénicas que dominam o aumento das emissões deste gás na atmosfera (IPCC, 2001). As quantidades atmosféricas de CO diferem de local para local. Assim, tem-se verificado que a abundância deste gás no Hemisfério Norte é cerca do dobro da do Hemisfério Sul (IPCC, 2001).

Os compostos reactivos de azoto, NO e NO₂, são compostos chave na química da troposfera, por terem um papel relevante na formação de ozono, na troposfera, que ocorre através de uma sequência complexa de reacções fotoquímicas, envolvendo, principalmente, dióxido de azoto (NO₂), hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, na presença de luz solar. A concentração destes gases na atmosfera resulta, principalmente, da queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa e emissões pelo solo, devido a processos biológicos. Segundo dados do IPCC (2001), as emissões destes gases também aumentaram, tendo origem, essencialmente, em fontes antropogénicas.

O acréscimo da libertação dos GEE, que retêm uma grande quantidade de radiação IV, tem provocado um desequilíbrio energético do sistema climático do planeta, que não consegue ser explicado apenas pelas perturbações de ordem natural, como as mudanças na radiação solar e nos parâmetros que definem a órbita da Terra em torno do Sol.

Todas estas alterações, nas propriedades e na composição da atmosfera terrestre, estão a provocar mudanças aceleradas no clima do nosso planeta.

Décadas de investigação originaram um enorme número de evidências científicas (IPCC, 2001) que mostram estas alterações na composição da atmosfera se devem principalmente à actividade humana.

2.2.4 Duas consequências da alteração da composição da atmosfera: O aumento do Efeito de Estufa e o Aquecimento Global

O EE é um fenómeno cujo conhecimento teve a sua origem em cálculos simples efectuados no século XIX por cientistas como Fourier, Tyndall e Arrhenius. Foi o físico francês Joseph Fourier quem primeiro colocou a questão de saber que factores determinam a temperatura média global da atmosfera à superfície e como calcular o seu valor. Ao obter, nos

seus cálculos de balanço radiativo, uma temperatura da atmosfera muito inferior à da fusão da água, viu-se forçado a admitir a existência, na atmosfera, de um mecanismo de aumento de temperatura semelhante ao observado numa estufa (Santos, 2007).

A explicação cabal do que realmente se passa foi dada, pela primeira vez, por John Tyndall, em 1863, que resolveu primeiro medir no seu laboratório a capacidade de absorção da radiação IV de alguns dos gases que constituem a atmosfera: azoto, oxigénio e os componentes minoritários vapor de água, dióxido de carbono e metano. Das medições que efectuou, chegou à conclusão que gases como o vapor de água, o dióxido de carbono e o metano são opacos à radiação IV, isto é, absorvem-na (Santos, 2007).

Presentemente, para além dos três gases estudados por Tyndall, associam-se outros gases ao EE, uns com influência directa neste fenómeno e outros que se considera que actuam de modo indirecto.

O CO₂, por ter um tempo de vida na atmosfera entre 5 e 200 anos, considera-se um dos principais GEE. A seguir ao CO₂ o segundo gás de estufa mais importante é o metano. Este gás é sessenta vezes mais poderoso que o CO₂ no que toca à captação de calor, mas felizmente permanece menos tempo na atmosfera: cerca de 12 anos.

O óxido nitroso, em matéria de captação de calor, é 270 vezes mais eficaz do que o CO₂ e, embora muito mais escasso que o metano, permanece na atmosfera 114 anos, o que o torna, também, num poderoso GEE.

Os GEE mais raros pertencem à família dos halocarbonos, e resultam de actividades humanas, pois não existiam antes de os químicos os produzirem. Entre estes contam-se, os perfluorcarbonos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆) que apresentam tempos de permanência na atmosfera extremamente longos e absorvem grande quantidade de radiação IV. Assim sendo, pequenas quantidades destes gases podem ter um impacto significativo nas mudanças climáticas. A título de exemplo, refira-se que o SF₆ é 22 200 vezes mais eficaz que o CO₂ no que toca à absorção da radiação IV (IPCC, 2001).

O vapor de água é o gás de EE mais poderoso, por reter dois terços da totalidade da radiação captada por todos os GEE.

Segundo o quarto relatório do IPCC (2007), o ozono troposférico é o terceiro mais importante GEE, a seguir ao dióxido de carbono e ao metano, sendo o aumento da sua concentração resultante das emissões de substâncias químicas que o originam, como os óxidos de azoto, monóxido de carbono e hidrocarbonos. Contudo, os conhecimentos actuais não

permitem fazer uma estimativa do contributo deste gás para o EE tão segura, como a feita relativamente a outros gases.

Vários gases quimicamente reactivos, como os compostos reactivos de azoto (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis (COV) actuam como GEE indirecto, pela sua influência não só sobre o ozono, mas também sobre o período de vida do metano e de outros GEE. (IPCC, 2001). Entre os GEE referidos, as emissões antropogénicas de CO₂ são especialmente importantes por este gás ser um poderoso regulador do clima do planeta, apresentando a maior contribuição para o aumento do EE (63%), segundo dados do Hadley Center (2005).

Foi no século XIX que, pela primeira vez, se verificou a existência de uma forte correlação entre a concentração atmosférica do CO₂ e a temperatura média global da atmosfera. O químico sueco, Svante Arrhenius, chegou à conclusão de que a sua duplicação provocaria um aumento de temperatura entre 5 e 6°C. Arrhenius reconheceu, também, que as emissões resultantes das actividades industriais iriam inevitavelmente provocar um aumento na concentração de CO₂ na atmosfera. Contudo, não ciente das consequências deste aumento, afirmou, em 1908, no livro *Worlds in The Making*, que o clima iria melhorar, principalmente nas partes mais frias da Terra (Santos, 2007).

A dinâmica do desenvolvimento das ciências e os grandes investimentos em investigação, que foram surgindo a partir do período pós-guerra, beneficiaram várias áreas científicas, em particular, as ciências da Terra e do Espaço. Aproveitando o Ano Internacional da Geofísica (1957-1958), o cientista Roger Revelle reuniu financiamentos com vista a iniciar as primeiras medições da concentração atmosférica de CO₂ em vários pontos do globo, medições essas que tiveram início na década de 1960. Conjuntamente com Charles Keeling, Revelle criou a estação de investigação no topo da montanha vulcânica do Mauna Loa (Hawaii), por ser um local sem fontes próximas de emissões de CO₂, para poderem medir a concentração média global deste gás na atmosfera. Um outro ponto de medição foi colocado na Antárctida e bastaram dois anos de medições para Keeling concluir que a concentração atmosférica de CO₂ estava a aumentar e que esse aumento era compatível com a hipótese de que, apenas parte das emissões antropogénicas estavam a ser dissolvidas nos oceanos (Santos, 2006). As medições efectuadas por Keeling, em Mauna Loa, realizadas entre 1958 e 1974 (linha azul do gráfico da figura 6), confirmaram os resultados obtidos na Antárctida e passaram a constituir uma prova reconhecida

e amplamente citada nos meios científicos da interferência antropogénica sobre o sistema climático.

Esse mesmo padrão de concentrações de CO₂, que aumenta constantemente, continuou, ano após ano, durante quase meio século (linha vermelha do gráfico da figura 6). No ano de 2006, a média global da concentração deste gás na atmosfera era, aproximadamente, de 381ppm.

A análise da composição isotópica da atmosfera, que nos permite saber de que fontes são provenientes determinados gases, reforça a teoria que atribui à actividade humana a causa do aumento das concentrações de CO₂.

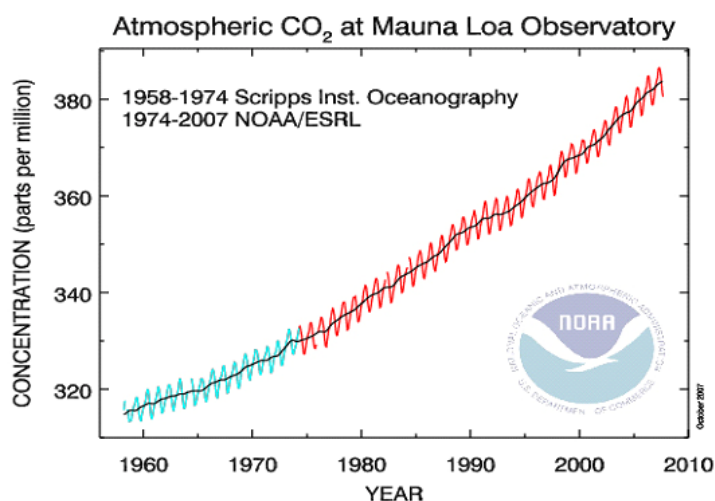


Figura 6: Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, em ppm. Retirado de NOAA/ESRL (2007) (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html)

Esta análise levou à identificação dos combustíveis fósseis e da desflorestação como fontes de CO₂. Estes dados foram obtidos através da observação progressiva da depleção do ¹³C. Acrescente-se, ainda, o facto de as concentrações de CO₂, no Hemisfério Norte, serem mais elevadas que no Hemisfério Sul, sobretudo recentemente. Este resultado sugere que a grande fonte deste gás está no Hemisfério Norte, região onde há mais consumo de combustíveis fósseis (Santos, 2007).

Os estudos paleoclimáticos tornaram possível conhecer a concentração de CO₂ na atmosfera em épocas passadas e também revelam que existe uma forte correlação entre a concentração atmosférica do CO₂ e a temperatura média global da atmosfera. Os resultados apresentados na figura 7, obtidos a partir da medição da concentração do CO₂ em pequenas

bolhas de ar retidas nas sucessivas camadas de gelo depositadas na Antárctida, revelam que a concentração actual de CO₂ excede, em cerca de 70ppmv (partes por milhão por volume), o máximo da concentração nos últimos 420 000 anos, durante os quais houve quatro ciclos glaciares, com uma duração aproximada de 100 000 anos, caracterizados por um período glaciár relativamente longo (com 80 000 a 90 000 anos), seguido de um período interglaciár relativamente mais quente e curto (Santos, 2006). Repare-se que, na figura 7, devido à escala de tempo utilizada e por se ter registado um aumento acentuado da concentração do CO₂ a partir da Revolução Industrial até ao presente, esse aumento está indicado por um vector aproximadamente vertical.

Os ciclos climáticos evidenciados na figura 7, foram identificados pelo matemático Milultin Milankovich, na sua grande obra *Canon of Insolation of the Ice Age Problem*, que, apesar de publicada em 1941, só obteve uma aceitação científica generalizada na década de 60, também por só nesta década ter sido traduzida para inglês.

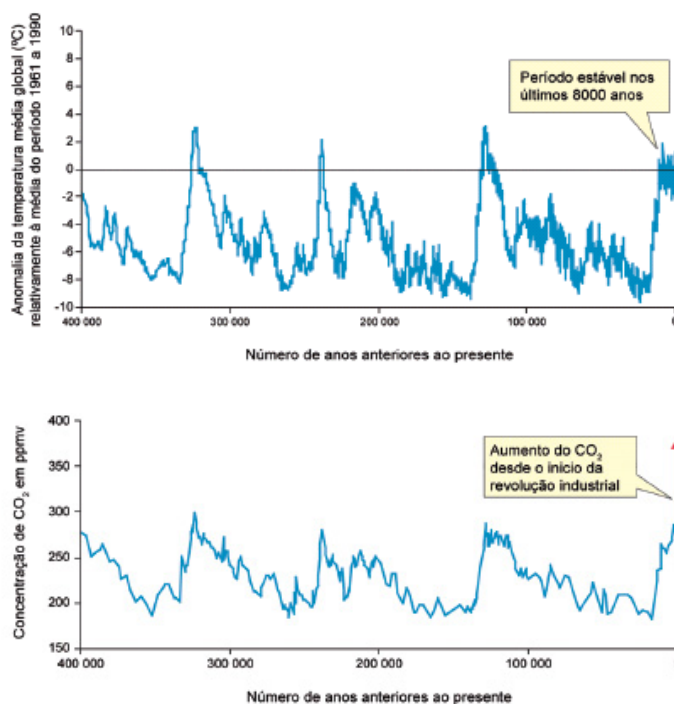


Figura 7: Reconstituição da evolução da temperatura média global da baixa atmosfera, representada por meio da anomalia relativamente à média do período de 1961 a 1990, e da concentração atmosférica do CO₂ nos últimos 400 000 anos. (Retirada de Santos, 2006)

Milankovich identificou três ciclos principais que causam a variabilidade climática da Terra. A alternância entre períodos glaciares e interglaciares tem a sua origem em oscilações na distribuição sazonal da radiação solar recebida nas latitudes elevadas, provocadas por pequenas variações nos parâmetros orbitais da Terra, designadamente na variação da excentricidade da órbita em torno do Sol, na variação da inclinação do eixo de rotação relativamente à elíptica e no movimento de precessão do eixo da rotação. As variações nestes parâmetros, que definem a órbita da Terra, ocorrem lentamente, ao longo de períodos de tempo da ordem dos 20 000 a 400.000 anos, pelo que, e segundo Santos (2006), esses factores de natureza astronómica são insuficientes para explicar cabalmente a grande amplitude das oscilações da temperatura média global entre os períodos glaciares e interglaciares. Para este autor, provavelmente eles são amplificados através de processos não-lineares de realimentação interna no sistema climático, envolvendo a interacção entre dois dos seus principais sub-sistemas – a atmosfera e a hidrosfera.

Actualmente, já se afirma com um grau de confiança bastante elevado (>90%), que as alterações nas concentrações de GEE, desde meados do século XX, são a causa da maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais (IPCC, 2007). Torna-se muito claro que factores naturais, como as mudanças na radiação solar e as erupções vulcânicas, podem explicar muita da tendência nas temperaturas globais no início do século XIX. Contudo, a única explicação plausível para a tendência observada nos últimos 50 anos é o aumento das concentrações dos GEE (Stern, 2006). Neste período, a média do AG observado contrasta fortemente com o ligeiro aquecimento esperado devido, unicamente, a factores naturais.

Apesar do cepticismo de alguns, o aquecimento planetário é uma realidade e a causa mais provável é o aumento das emissões dos GEE, provocadas pela actividade humana. Num problema tão complexo é difícil ter certezas. Contudo, as evidências não deixam dúvidas: há um aumento real e indelével da temperatura média da Terra, que ameaça o futuro da humanidade e do planeta.

A expressão Aquecimento Global refere-se ao aumento gradual da temperatura média da atmosfera, próxima da superfície do planeta Terra e, com a chegada do século XXI, estas duas palavras tornaram-se numa verdadeira emergência planetária. O AG e todas as suas consequências são, actualmente, uma verdade inconveniente para muitos, a que é necessário dar resposta rapidamente, para evitar o colapso da nossa civilização (Gore, 2006).

Segundo o quarto relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) das Nações Unidas, publicado em 2007, o aquecimento do sistema climático é inequívoco, estando evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos, da conseqüente elevação do nível global médio do mar, provocada, também, pelo derretimento generalizado da neve e do gelo, que se tem verificado.

Na verdade, desde a Revolução Industrial, registou-se um aumento global de temperatura à superfície do nosso planeta de cerca de $0,74^{\circ}\text{C}$. Três quartos desse aumento tiveram lugar nas últimas três décadas: 11 dos 12 anos mais quentes jamais registados ocorreram a partir de 1995.

O teor médio de vapor de água na atmosfera aumentou, pelo menos desde a década de 80, sobre a terra e os oceanos e na alta troposfera, sendo este aumento bastante coerente com a quantidade extra de vapor de água que o ar mais quente consegue carregar (IPCC, 2007).

Os oceanos têm absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático e, como tal, a sua temperatura média aumentou, pelo menos até profundidades de 3000m. Este aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar (IPCC, 2007).

As geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas da massa de gelo nas grandes altitudes e nas calotes polares contribuíram, também, para a elevação do nível do mar (as calotes polares não abrangem as contribuições dos mantos de gelo da Gronelândia e da Antárctida). Novos dados obtidos, desde 2001, indicam ser muito provável que as perdas dos mantos de gelo da Gronelândia e da Antárctida tenham contribuído para a elevação do nível do mar, ao longo do período de 1993 a 2003 (IPCC, 2007).

A média global do nível do mar subiu a uma taxa média de $1,8 [1,3 \text{ a } 2,3]\text{mm}$ por ano, no período de 1961 a 2003 (IPCC, 2007). A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, durante o qual, para a subida do nível do mar, as contribuições da expansão termal ($1.6\pm 0.5\text{mm/ano}$), da redução maciça das massas de gelo nas grandes altitudes e nas calotes polares ($0.77\pm 0.22\text{mm/ano}$) e da perda dos mantos da Gronelândia ($0.21\pm 0.07\text{mm/ano}$) e da Antárctida ($0.21\pm 0.35\text{mm/ano}$), totalizaram $2.8\pm 0.7\text{mm/ano}$. (IPCC, 2008).

A figura 8 mostra as alterações na temperatura, no nível do mar e na cobertura de neve do Hemisfério Norte, resultado de observações directas efectuadas pelo IPCC. Todas as mudanças

são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990 e as curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais.

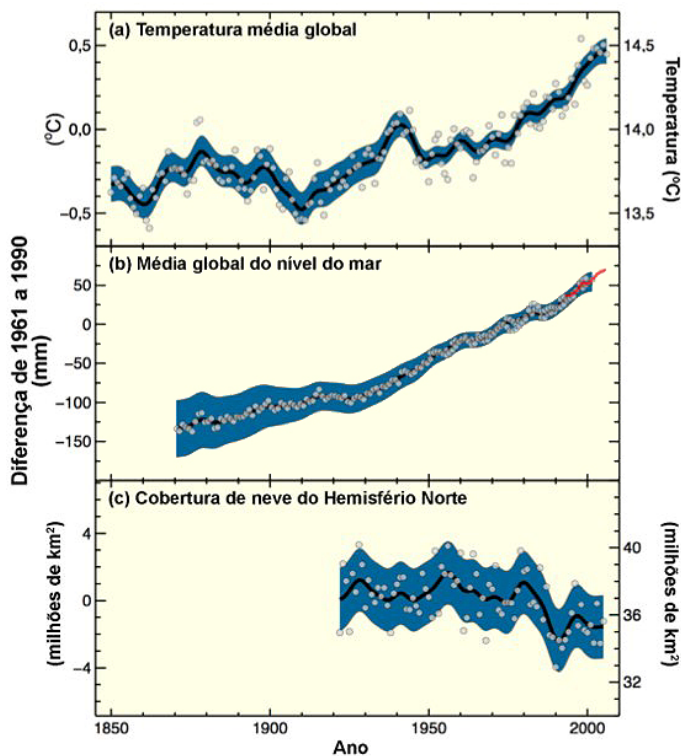


Figura 8: Mudanças observadas na: (a) temperatura média global da superfície; (b) média global da subida do nível do mar a partir de dados de marégrafo (azul) e satélite (vermelho); (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para Março-Abril. (retirada de IPCC, 2007, p.9)

Estas alterações climáticas são uma consequência da variabilidade interna, dentro do sistema climático, e de factores externos (naturais e antropogénicos) e provocam o desequilíbrio energético do sistema climático, “forçando” o clima a mudar. Consequentemente, os cientistas expressam-nas em termos do forçamento radiativo, que é um conceito usado para comparar a forma como os factores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o arrefecimento do clima global (IPCC, 2007).

O forçamento radiativo é uma medida da influência de um factor na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera e é um índice da importância desse factor como um potencial mecanismo de mudança climática. Um forçamento positivo tende a aquecer a superfície, enquanto que um forçamento negativo tende a arrefecê-la (IPCC, 2007).

Na figura 9, apresentam-se estimativas da média global do forçamento radiativo de factores antrópicos e naturais. Outros factores que apresentam forçamento radiativo não estão contemplados na figura, por terem, actualmente, um nível de compreensão científica (NCC) muito baixo. Os aerossóis vulcânicos contribuem com um forçamento natural adicional, mas não são incluídos, nesta figura, em razão da sua natureza episódica (IPCC, 2007).

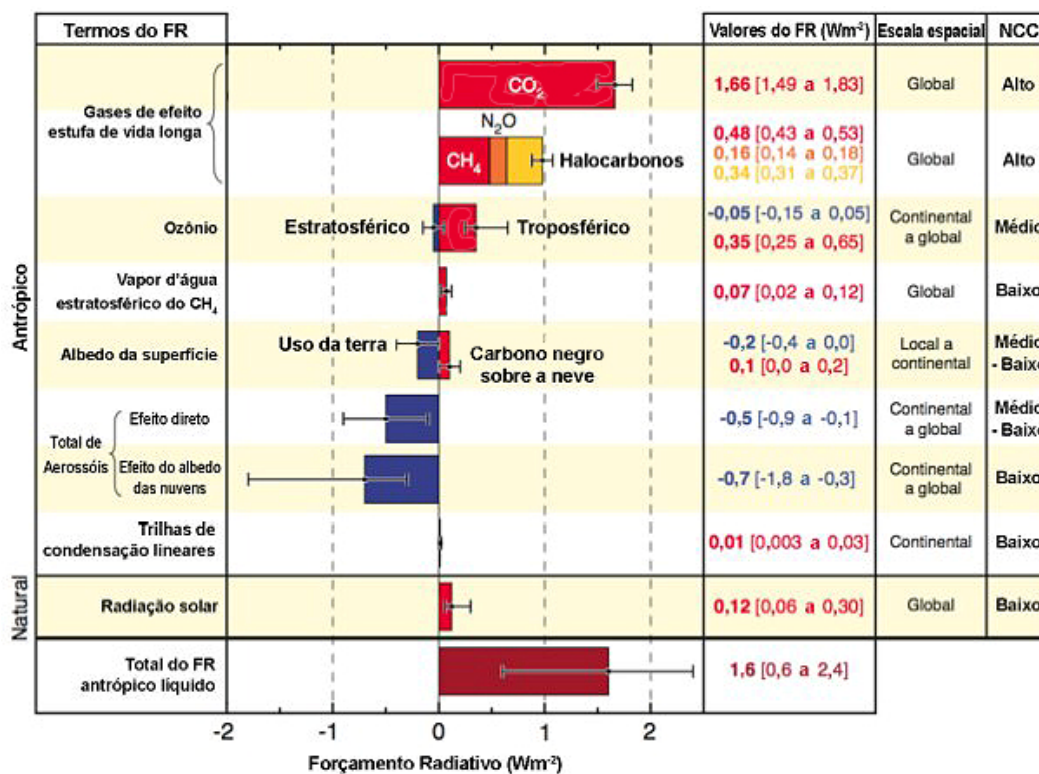


Figura 9: Estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) e faixas, em 2005, para o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) antrópicos e outros agentes e mecanismos importantes, juntamente com a extensão geográfica típica (escala espacial) do forçamento e o nível de compreensão científica (NCC) avaliado. (retirada de IPCC, 2007, p. 6)

Os dados da figura 9 apresentam um grau de *confiança muito grande* (probabilidade de nove em 10 de estarem correctos), classificação usada para expressar a opinião dos especialistas sobre a correcção do conhecimento científico usado como base nos relatórios do IPCC. Esta evolução na compreensão das influências antrópicas nas alterações do clima, permite afirmar, e de acordo com a figura 9, que o efeito líquido global das actividades humanas foi em média, desde 1750, de aquecimento, com um forçamento radiativo de +1,6 [+0,6 a +2,4]Wm². O total do forçamento radiativo devido aos aumentos de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso é de +2,30 [+2,07 a +2,53]Wm². No que diz respeito ao dióxido de carbono, verificou-se que o forçamento radiativo aumentou em 20% de 1995 a 2005, valor que corresponde à maior mudança numa década, nos últimos 200 anos (IPCC, 2007). Estes resultados já não deixam dúvidas quanto à contribuição do Homem para o aquecimento da superfície do planeta, embora também existam outras fontes de natureza também antrópica, que têm contribuído para tal aquecimento. Assim, as alterações da concentração do ozono troposférico e dos halocarbons e as mudanças no albedo da superfície, decorrentes das

modificações na cobertura da terra e da deposição de aerossóis de negro de fumo na neve são exemplos dessas mesmas fontes (IPCC, 2007).

Em 2007, estimou-se que as mudanças na radiação solar, desde 1750, causem um forçamento radiativo de $+0,12[+0,06 \text{ a } +0,30]\text{Wm}^2$, o que é menos de metade do previsto em 2001 (IPCC, 2007).

Apesar deste aquecimento ser um fenómeno global, à escala regional não se assistiu a um aquecimento da mesma ordem de grandeza da escala planetária. Localmente, o padrão climático é mais variável, devido a factores como a latitude, a altitude, a continentalidade, a posição face ao oceano, a orografia, entre outros. Assim, no Ártico, por exemplo, as temperaturas subiram dois a três graus nos últimos 50 anos, um ritmo duas vezes mais rápido do que no resto da Terra. Este facto relaciona-se com a diminuição da sua calote reflectora de gelo e de neve (ACIA, 2004). Por seu turno, na Europa registou-se um aumento de temperatura 35% superior ao aumento médio global, tendo a temperatura média na Europa subido $0.95 \text{ }^\circ\text{C}$ no século XX, segundo dados do relatório *The European environment - State and outlook 2005* (EEA, 2005). No caso de Portugal Continental e nas Regiões Autónomas dos Açores e Madeira, observações meteorológicas indicam que, desde a década de 1970, a temperatura média subiu em todas as regiões do país, a uma taxa de cerca de $0.5^\circ\text{C}/\text{década}$, mais do dobro da taxa de aquecimento observada para a temperatura média mundial (Santos *et al.*, 2002).

Para além das alterações na temperatura, há outros sinais de mudança climática que se têm acentuado nas últimas décadas, nomeadamente, o aumento da frequência de fenómenos climáticos extremos. Efectivamente, verificou-se um aumento da actividade intensa dos ciclones tropicais no Atlântico Norte, desde cerca de 1970, correlacionado com os aumentos das temperaturas da superfície do mar nos trópicos. Também, a frequência de eventos de forte precipitação aumentou sobre a maior parte das áreas terrestres. Uma atmosfera com temperaturas mais elevadas contém mais vapor de água, o que provoca alterações da precipitação, mas reforça também a evaporação. Em consequência, áreas mais húmidas tornam-se ainda mais húmidas e áreas áridas ainda mais secas. Nas regiões do sul da África, em partes do sul da Ásia, no Sahel e no Mediterrâneo, já se observou que o clima ficou mais seco. Entretanto, um aumento significativo de precipitação foi observado na parte leste da América do Norte e da América do Sul, no norte da Europa e no norte e centro da Ásia. Dias frios, noites frias e geadas tornaram-se menos frequentes, enquanto que dias quentes, noites quentes e ondas de calor tornaram-se mais frequentes (IPCC, 2007).

O Ártico tem sido uma das regiões do planeta mais afectada pelas alterações do sistema climático, experimentando as mais rápidas e severas mudanças climáticas do planeta, as quais se têm processado a um ritmo duas vezes superior ao que se observa noutros locais. Dados de satélite, obtidos desde 1978, mostram que a média anual da extensão do gelo marinho Ártico reduziu-se em 2,7%, oscilando entre 2,1 e 3,3%, por década, com reduções maiores no Verão, de 7,4%, oscilando entre 5,0 e 9,8%, por década. Em geral, as temperaturas no topo do *permafrost* (solo e subsolo permanentemente congelados) aumentaram, desde a década de 80, no Ártico (até 3°C). A área máxima coberta por solo congelado sazonalmente diminuiu em cerca de 7% no Hemisfério Norte, desde 1900, com uma redução, na Primavera, de até 15% (IPCC, 2007). Devido ao degelo, cenários ainda mais esmagadores podem surgir, quando a decomposição da matéria orgânica que compõe o *permafrost* levar à libertação do dióxido de carbono e do metano aprisionados.

As alterações no clima desta região, para além de provocarem danos locais irrecuperáveis, ao nível físico, ecológico, social e económico, afectarão também o resto do globo. O derretimento do gelo e da neve levará ao obscurecimento da superfície e das águas dos oceanos. Esta perda de albedo do planeta levará a uma maior absorção da radiação solar, logo ao aumento do aquecimento do planeta. A diminuição dos glaciares será um dos factores que levará ao aumento do nível do mar, no resto do globo e, possivelmente, abrandará a circulação oceânica que transporta o calor dos trópicos para os pólos, afectando o clima global e regional (ACIA, 2004).

Na natureza, também são visíveis as consequências das alterações climáticas, sendo já variadas as tendências que se têm observado. Um dos efeitos mais tangíveis do câmbio climático são as alterações nos ritmos sazonais da flora e da fauna. Muitas plantas e animais mostram ciclos de vida alterados, iniciando a sua actividade mais cedo ou acabando-a mais tarde, devido às temperaturas mais elevadas. Por exemplo, muitas aves migratórias chegam antes e vão embora mais tarde, ou algumas nem chegam mesmo a migrar.

Investigadores da Universidade do Texas, Camille Parmesan e Gary Yohe, publicaram em 2003, na revista *Nature*, os resultados de amplo estudo, que partiu da análise de observações de história natural, como, por exemplo, notas de botânicos, pescadores e outros observadores da natureza. Depois de tratamentos estatísticos exaustivos, constituíram uma base de dados que contém informações sobre mais de mil e setecentas espécies, e descobriram, a partir de 1950, tendências acentuadas em todo o planeta: a migração, em direcção aos pólos, da distribuição das espécies, de cerca de 6km por década, em média, uma retirada para as montanhas de 6,1m

e uma antecipação da actividade primaveril de 2,3 dias por década (Parmesan & Yohe, 2003). Estas tendências foram consideradas como a “impressão digital das alterações climáticas” globalmente coerente com os aumentos de temperatura provocados pelas emissões de GEE. O AG está, deste modo, a desequilibrar milhões de relações ecológicas que estavam delicadamente equilibradas entre as espécies.

No que toca a espécies extintas, o sapo-dourado foi a primeira que se comprovou ter sido extinta como consequência das alterações do clima. Desapareceu do seu habitat, na Costa Rica, em finais de 1980 (Flannery, 2006). Outras espécies têm sofrido as consequências das mudanças do clima, havendo várias em risco de extinção. Na Península Ibérica, as salamandras, abetardas e camaleões são espécies ameaçadas pelas alterações climáticas, designadamente pelo aumento da temperatura (Ribeiro, 2007).

De todos os ecossistemas oceânicos, os que correm mais riscos, devido às alterações climáticas, são os recifes de coral. De facto, segundo Huges *et al.* (2003), os recifes estão em sério declínio, estimando-se que 30% se encontram seriamente danificados, e perto de 60% corre o risco de desaparecer, até 2030. Na verdade, as temperaturas mais elevadas que se verificam à superfície dos oceanos provocam o branqueamento dos corais, resultante do facto do aquecimento excessivo da água levar os corais a expelir as algas simbióticas de que precisam para sobreviver. Este fenómeno matou, na fase do El Niño de 1998, cerca de 16% dos corais do globo (Flannery, 2006).

Por outro lado, a acidificação dos oceanos, devido ao aumento da taxa de absorção de CO₂ pelas águas dos oceanos, também se tornou numa ameaça para a vida marinha e para os recifes. Para além de alterar o pH da água, reduz as concentrações de iões carbonato e o nível de saturação de carbonato de cálcio. Evidências experimentais sugerem que, se esta tendência continuar, vários organismos marinhos, como os corais e algum plâncton, terão dificuldade em manter os seus esqueletos rígidos externos (Orr *et al.*, 2005).

Na saúde humana também se começam a fazer sentir os impactos da mudança climática. Com efeito, o aumento de mortes devido a temperaturas extremas é um resultado directo das alterações climáticas na saúde. É conhecido que, em Portugal, as mortes relacionadas com o calor ocorrem após um período prolongado de temperaturas elevadas, como mostra o gráfico da figura 10 (Santos *et al.*, 2002).

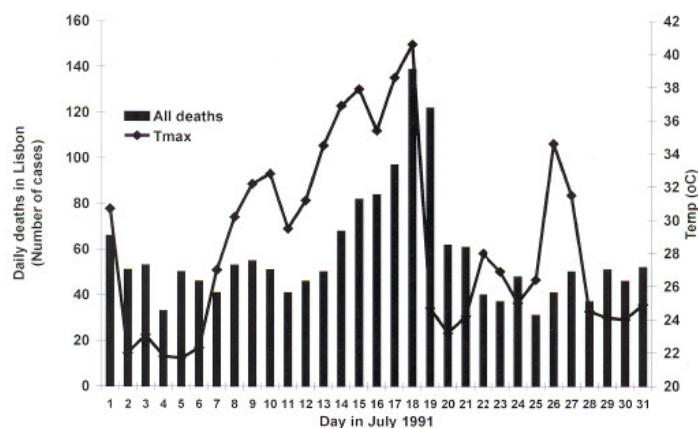


Figura 10: Relação entre a temperatura máxima diária e a mortalidade durante a onda de calor de Julho de 1991 em Lisboa (retirado de Santos *et al.*, 2002, p. 17)

Como as temperaturas mais elevadas potenciam o crescimento e a sobrevivência de elementos patogénicos, bem como a produção de biotoxinas e como os fenómenos extremos de precipitação têm a possibilidade de aumentar a propagação desses elementos na água e nos alimentos, é de esperar o aumento do surto de doenças com origem nos alimentos e na água e o risco de propagação de doenças transmitidas por vectores (algas, mosquitos, carraças, etc.) e surtos localizados de malária, febre-amarela, o dengue e a encefalite. Em 2004, chegou à Madeira o mosquito transmissor da doença de dengue e da febre-amarela, característico das zonas tropicais, um facto que, há anos, os investigadores previam que pudesse verificar-se (Ribeiro, 2007).

De acordo com os modelos climáticos (GCMs), todas estas tendências deverão agravar-se no futuro. Estes modelos projectam a resposta de muitas variáveis climáticas, como o aumento da temperatura da superfície e do nível do mar, de acordo com vários cenários de emissões e concentrações de GEE e outras emissões relacionadas com a actividade humana. Estas projecções foram feitas pelo IPCC no Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) (2000), dando origem a quatro famílias de cenários, chamadas B1, B2, A2 e A1F1, que podem ser descritos como cenários de emissões baixas, emissões médias-baixas, emissões médias-altas e altas emissões, respectivamente. Cada cenário é baseado numa projecção de como o planeta irá evoluir em termos demográficos, económicos, de utilização de energia, etc.. As iniciativas adicionais em relação ao clima, como por exemplo, a implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima ou as metas de redução de emissões do Protocolo de Quioto, não estão explicitamente envolvidas em nenhum dos cenários, (IPCC, 2001).

A figura 11 representa as concentrações de CO₂, projectadas de acordo com os seis cenários ilustrativos do RECE do IPCC (2000), para o período de 2000 a 2100. Apesar das trajetórias da concentração de CO₂ serem diferentes em todos os cenários apresentados, o aumento da sua concentração verifica-se em todos eles.

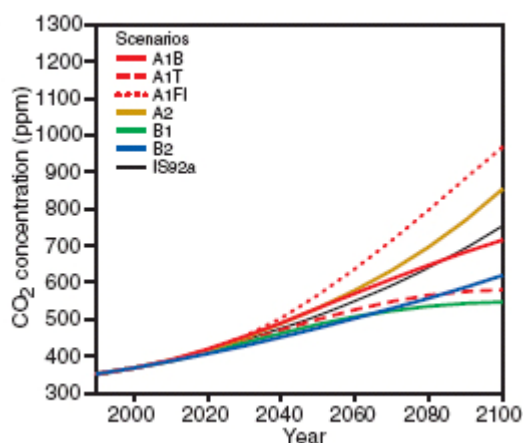


Figura 11: Concentrações projectadas de CO₂ dos 6 cenários ilustrativos do RECE do IPCC (2000), juntamente com IS92a por comparação com Second Assessment Report (SAR). (retirada de IPCC, 2001, p.14)

Para os vários cenários de emissões do RECE, através das simulações assentes no modelo climático do Hadley Center, obtiveram-se as projecções das médias globais do aumento da temperatura da superfície do planeta (figura 12). Para o cenário de emissões mais baixas, obteve-se um aumento de cerca de 2°C, até 2100, e, no cenário de emissões altas, verifica-se um grande aquecimento, cerca de 5°C.

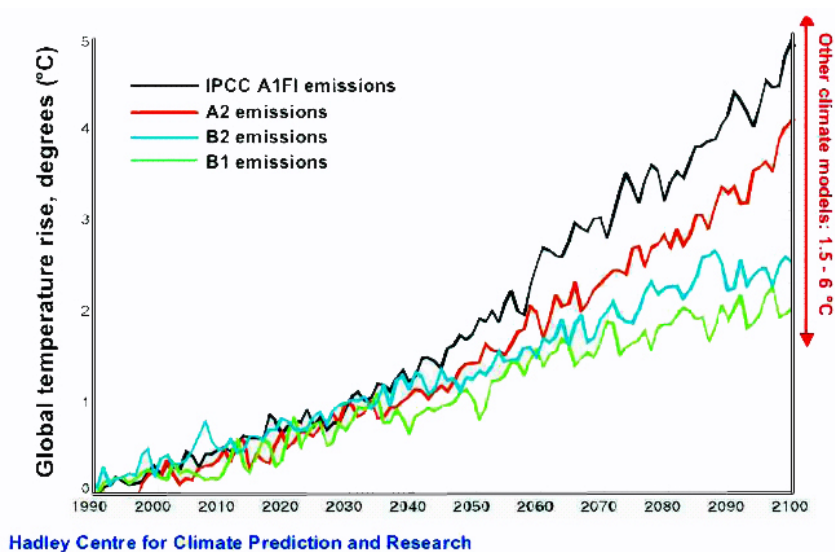


Figura 12: Aumento da temperatura média global produzidos pelo modelo climático do Hadley Center, para vários cenários do RECE. (Adaptada de Hadley Center, 2005, p. 40)

Os resultados obtidos com o modelo do Hadley Center são ligeiramente diferentes dos obtidos pelo quarto relatório do IPCC (2007). Enquanto o modelo do Hadley Center prevê um aquecimento, entre 2000 e 2100, numa faixa entre 2 e a 5°C, o IPCC prevê um aquecimento, a partir dos seis cenários do RECE, numa faixa entre 1,1 e 6,4°C, maior que aquele.

Outras previsões importantes e bem fundamentadas destes modelos relacionam-se com o aumento do nível do mar, o aquecimento mais rápido dos pólos em relação ao resto do planeta, o aumento mais rápido das temperaturas em terra relativamente à temperatura média global, o acréscimo de precipitação e o acentuar da frequência e da intensidade de fenómenos extremos. Também se verificará uma tendência para condições, quase permanentes, do tipo *El Niño*, que terão grandes repercussões na vida da Terra.

As projecções relativas às mudanças do clima devem contemplar, também, a forte possibilidade de as próprias alterações climáticas amplificarem o AG, através do desencadear da libertação adicional de GEE. A realimentação entre o clima e o ciclo do carbono, é um exemplo disso mesmo: a subida das temperaturas e as mudanças nos padrões de precipitação provocarão o enfraquecimento da capacidade das bacias naturais da Terra de absorverem o dióxido de carbono, causando uma maior acumulação das emissões antropogénicas na atmosfera.

Segundo o quarto relatório do IPCC (2007), para o cenário A2, esta realimentação entre o clima e o ciclo do carbono aumenta o aquecimento médio global em mais de 1°C, em 2100.

A libertação de grandes quantidades de metano proveniente de depósitos de turfa, de pântanos, do derretimento do *permafrost* e do leito oceânico, sob a forma de hidratos gasosos, constituiu também um *feedback* positivo. Estes *feedbacks* positivos não se encontram ainda incorporados em todos os modelos, porque a quantificação dos seus efeitos está ainda em investigação (Stern, 2006).

Estas projecções relativas ao clima futuro acarretam algum grau de incerteza, até porque o que está em estudo é o sistema climático terrestre, profundamente complexo e heterogéneo, considerado à escala espacial, e que envolve múltiplos subsistemas – a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a biosfera e a litosfera. Segundo Santos (2007), para se poder quantificar com menor incerteza as variações projectadas para os vários indicadores do clima, tais como a temperatura média, a distribuição da precipitação ao longo do ano e a frequência dos fenómenos climáticos extremos, é necessário desenvolver a investigação sobre o clima e construir modelos climáticos

mais realistas, que incluam os vários subsistemas e que descrevam os fenómenos em escalas espaciais mais pequenas do que as dos actuais modelos.

2.2.5 Formas de minimizar os impactos do Aquecimento Global

“Deveremos adoptar um modo substancialmente diferente de pensar, se quisermos que a humanidade sobreviva.”

Albert Einstein

O cerne do problema do AG e das alterações climáticas é que a capacidade da Terra em absorver dióxido de carbono e outros GEE está a ser suplantada. A humanidade está a viver para além dos seus meios ambientais e a acumular dívidas ecológicas que as futuras gerações serão incapazes de compensar (PNUD, 2007). As previsões são pessimistas. Contudo, a austeridade das alterações climáticas, durante o século XXI e para além do século XXI, depende de sermos, ou não, capazes de controlar a interferência antropogénica sobre o sistema climático, estabilizando e, mais tarde, diminuindo as emissões globais de GEE, para a atmosfera. Embora este objectivo seja extremamente difícil de atingir, devido à grande dependência global do sector energético dos combustíveis fósseis e às profundas alterações no uso dos solos, especialmente a desflorestação, há medidas que podem e devem ser tomadas, com vista à sua consecução, pelo menos parcial.

Segundo a edição de 2008 do *World Energy Outlook* (WEO), publicado pela Agência Internacional da Energia (IEA) – organismo autónomo que desenvolve um programa integral de cooperação energética, entre 28 dos 30 países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) – mais de 80% das fontes primárias de energia, a nível mundial, são combustíveis fósseis e o consumo global de energia primária está a crescer a uma taxa média anual de, aproximadamente, 1,6%, de 2006 a 2030, passando de 11.730 milhões de toneladas equivalentes de petróleo a cerca de 17.010 milhões, o que corresponde a um aumento de 45% (IEA, 2008). Estes valores referem-se ao Cenário de Referência, que só tem em consideração os efeitos das políticas e medidas adoptadas pelos governos até 2008 e não as mais recentes. Contudo, proporcionam uma base de referência, em relação à qual se pode verificar o que se deve mudar, para modificar este rumo.

Devido, fundamentalmente, ao preço mais elevado da energia e à redução do crescimento económico, o ritmo de crescimento do consumo de energia primária tem sido inferior ao previsto no WEO - 2007. Mesmo assim, as previsões apontam para que, em 2030, o petróleo continue a ser o combustível primordial e a energia mundial que se consome nas cidades aumente de dois terços para quase três quartos (IEA, 2008). Países como a China e a Índia, devido ao seu sustentado crescimento económico, representarão, entre 2006 e 2030, mais de metade do aumento do consumo de combustíveis fósseis, a nível mundial. Os países do Médio Oriente passarão a constituir um importante foco de consumo, contribuindo em cerca de 11%, para aumentar a dependência mundial, em relação ao carbono. Em conjunto, os países fora da OCDE conseguiram superar, desde 2005, o consumo de energia primária dos países da OCDE, representando cerca de 87% do aumento mundial.

Mesmo conjecturando preços da energia muito mais elevados e um crescimento mais lento do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, haverá, em 2030, um aumento de 35%, em relação a 2005, das emissões de GEE, incluindo o CO₂ (IEA, 2008). Assim sendo, é urgente agir de forma decidida e coordenada, para diminuir as emissões de GEE e, conseqüentemente, o aumento da temperatura mundial. Segundo o WEO (2008), será preciso, principalmente, incentivar as empresas e os cidadãos, no geral, a modificar os seus padrões de consumo habitual de energia. Isso exigirá políticas inovadoras, o rápido desenvolvimento de um mercado mundial do carbono e maiores investimentos na investigação e aplicações em matéria de energia, de modo a obter um sistema de energia mais limpo, mais inteligente e mais competitivo.

Está ao alcance de todos os governos empreender um acção individual e colectiva destinada a travar as alterações climáticas. Essa acção deve ser efectuada em duas frentes: a mitigação e a adaptação. No que respeita à mitigação, o mundo precisa urgentemente de encetar medidas que estabilizem a concentração atmosférica dos GEE, por meio da redução das emissões globais e do desenvolvimento de sumidouros, para esses gases. Os países industrializados precisam de proceder a reduções de emissões mais consistentes. Por outro lado, é necessário haver um maior compromisso por parte dos países em vias de desenvolvimento e mais incentivos para que limitem as suas emissões, salvaguardando-se o crescimento económico e os esforços para a erradicação da pobreza.

A adaptação é a segunda necessidade global, que se concretiza num processo de resposta em que se procuram minimizar os impactos negativos das alterações climáticas, nos diversos

sistemas naturais e sociais. A capacidade das populações (e dos países) em lidar com os crescentes riscos associados às alterações climáticas não é a mesma. A sua capacidade de adaptação, especialmente, das nações em vias de desenvolvimento, necessita de ajudas, para ser melhorada.

Os dois tipos de resposta são complementares. Contudo, deve insistir-se, sobretudo, na mitigação a nível global, porque a partir de determinados limiares de concentração de GEE, os impactos das alterações climáticas tornam-se profundamente adversos e perigosos, não havendo capacidade de adaptação que consiga minorar esses danos. Por esta razão, a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (1992) apresenta como objectivo final, enunciado no seu Artigo 2º, conseguir a estabilização das concentrações na atmosfera de GEE a um nível que evite uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático (UN, 1992b).

A dificuldade está em definir o que se deverá entender por interferência perigosa sobre o sistema climático, não sendo fácil estabelecer uma fronteira clara entre as alterações climáticas “seguras” e as “perigosas”. O consenso actual entre os cientistas considera como interferência perigosa sobre o sistema climático aquela em que a temperatura média global aumenta mais de 2°C, relativamente à média pré-industrial. Este limiar foi adoptado pela Conselho Europeu, em 1996, e reafirmado, em várias ocasiões, por esse mesmo Conselho, designadamente em Dezembro de 2004 (Meinshausen, 2005).

A ciência climática, depois de avaliar a grandeza e as consequências dos impactos das alterações climáticas sobre os vários sistemas naturais e sociais, com base em indicadores dessas alterações, identifica os 2°C como um potencial “ponto de viragem”, para resultados catastróficos, a longo prazo. Este valor de estabilização da concentração dos GEE é determinado pela sensibilidade climática de equilíbrio definida como “o aquecimento médio global da superfície que se segue a uma duplicação das concentrações de dióxido de carbono” (IPCC, 2007, p. 16), relativas ao seu valor pré-industrial, ou seja, aproximadamente 550ppm. A permanência dentro do limite dos 2°C deverá ser vista como um objectivo, a longo prazo, prudente e racional, para a prevenção de alterações climáticas perigosas (PNUD, 2007).

O IPCC, no seu relatório de 2007 (IPCC, 2007), considera que é provável que se situe no intervalo de 2°C a 4,5°C, apontando 3°C como o valor mais provável e considerando muito improvável que seja inferior a 1,5°C. Aquele organismo acrescenta, ainda, que não se pode excluir a possibilidade de os valores em causa virem a ser substancialmente superiores a 4,5°C.

Assim sendo, nenhum dos cenários do IPCC aponta para um futuro limiar inferior a 2°C no que respeita às alterações climáticas perigosas. Segundo o mesmo relatório, mesmo com a estabilização em 550ppm haveria a probabilidade de 80% de o limiar de 2°C ser excedido. Segundo um estudo analítico realizado por Meinshausen (2005), se houver uma estabilização em 450ppm CO₂eq (CO₂equivalente - contabiliza as emissões de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso), o risco de exceder os 2°C situar-se-á na faixa de 26% a 78%, e, para uma estabilização nos 400ppm CO₂eq e abaixo deste valor, o risco situar-se-á na faixa de 27% a 57% de probabilidade. Este estudo considera que o risco de exceder os 2°C é muito reduzido (0% a 31%), se os GEE estabilizarem nos 350ppm CO₂eq.

Para que o limiar de 2°C seja atingido com uma probabilidade superior a 50% é necessário estabilizar as concentrações de GEE num valor inferior a 450ppm de CO₂eq. Contudo, mesmo que as concentrações de GEE se estabilizassem, o aquecimento antrópico e a elevação do nível do mar continuariam durante séculos, em razão das escalas de tempo necessárias para a remoção desses gases da atmosfera.

O IPCC (2001) projecta que, sem intervenção adicional, os níveis de GEE aumentarão para 550-700ppm CO₂eq, em 2050, e para 650-1200ppm CO₂eq, em 2100. Sem mitigação, níveis superiores a estes serão possivelmente a realidade.

De acordo com Meinshausen (2005), para haver uma estabilização nos 450 ppm CO₂eq, as emissões globais dos GEE ligados ao Protocolo de Quioto (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆) deverão diminuir 20% até 2050, relativamente aos níveis de 1990 e para atingir os 400ppm CO₂eq deve ocorrer uma redução entre 40 a 50%, até 2050. Estas percentagens de redução pressupõem uma diminuição das emissões de dióxido de carbono resultantes do uso dos solos.

Estas metas, para a diminuição das emissões globais de GEE, são ambiciosas, mas exequíveis. Para tal, terão de haver estratégias concertadas a nível internacional, envolvendo quer os países desenvolvidos quer os países em desenvolvimento.

O primeiro passo na resposta multilateral ao aquecimento planetário foi o Protocolo de Quioto, adoptado em 1997. Este contém objectivos vinculativos e quantificados de limitação e redução dos GEE, integrando o compromisso assumido pela maioria dos países industrializados de, durante o período 2008-2012, reduzirem em 5%, em média, as suas emissões de determinados GEE, responsáveis pelo aquecimento planetário, em relação aos níveis de 1990.

Para a concretização dos objectivos do Protocolo foi necessário que os diversos países começassem a reforçar ou a criar políticas nacionais de redução das emissões, relacionadas,

designadamente, com o aumento da eficiência energética, a promoção de formas sustentáveis de agricultura e o desenvolvimento das fontes renováveis de energia.

Em termos de emissões globais, o Protocolo de Quioto não colocou metas particularmente ambiciosas. Além disso, não foram aplicados limites quantitativos para os países em vias de desenvolvimento e as decisões da Austrália e dos Estados Unidos, de não ratificarem o protocolo, limitaram a dimensão das reduções pretendidas. Contudo, embora seja muito cedo para um veredicto final sobre os resultados do Protocolo de Quioto, o registo, ainda que sumário, dos valores das emissões sem alterações do uso da terra não é encorajador. Mais de 68 países estão fora dos limites do acordo. Além disso, as emissões aumentaram, a partir de 2000 (PNUD, 2007). Em relação aos Estados Unidos, que assinaram, mas não ratificaram o Protocolo de Quioto, verifica-se que as emissões de GEE aumentaram cerca de 16%, e, na Austrália, que também não ratificou este protocolo, as emissões cresceram à volta de duas vezes o pretendido, com emissões a aumentarem cerca de 25%, desde 1990. Grandes níveis de dependência do carvão contribuíram para grandes aumentos no sector da energia, com as emissões de CO₂ a elevarem-se acima dos 40% (PNUD, 2007).

Estes resultados constituem um motivo de preocupação. Olhando para o futuro, os cenários para a utilização de energia e as previsões sobre as emissões apontam, inequivocamente, para uma realidade climática perigosa, a menos que se altere o curso das tendências mundiais.

Para tal, e sendo o CO₂, claramente, o mais importante GEE no que respeita ao forçamento radiativo, seria importante recorrer à mitigação que consiste essencialmente em diminuir a interferência antropogénica sobre o ciclo do carbono, tanto a nível das fontes, como dos sumidouros. Sendo as actividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis para a produção de energia, o transporte, as mudanças no uso da terra e os processos industriais, as maiores fontes de emissões dos GEE, a mitigação implica alterações drásticas nos modos de vida da humanidade, o que constitui um desafio assustador.

A figura 13 mostra a proporção desequilibrada da distribuição das emissões de GEE que sublinha bem a extensão do problema.

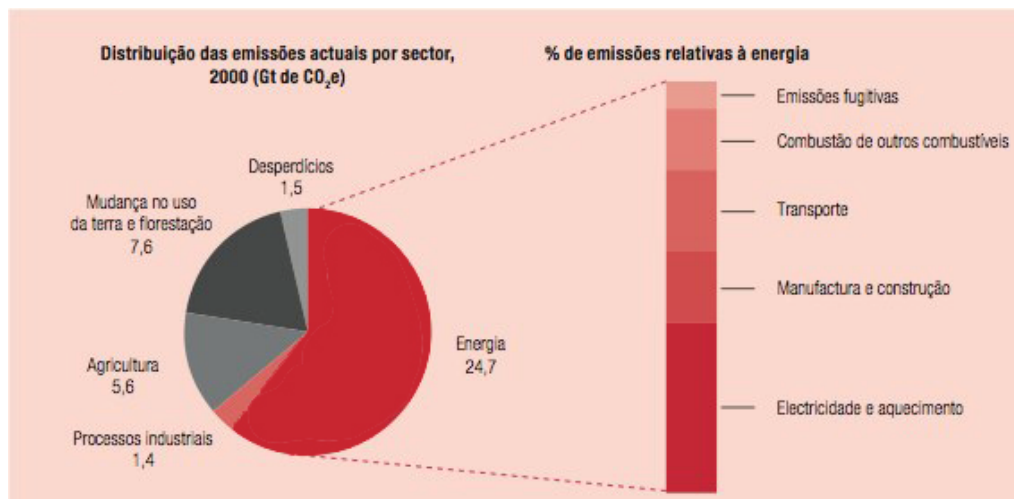


Figura 13: Distribuição das emissões de CO₂ eq por sector, relativas a 2000 (retirada de PNUD, 2007, p. 40).

Em 2000, mais de metade de todas as emissões tiveram origem na utilização de combustíveis fósseis. Foram contabilizados cerca de 10Gt de CO₂eq, ou cerca de ¼ do total. O transporte é a segunda maior fonte de emissões de CO₂eq relacionadas com a produção de energia. Nas últimas três décadas, o fornecimento de energia e o transporte aumentaram as suas emissões, em cerca de 145 e 120%, respectivamente. As alterações no uso da terra têm também um papel importante. A desflorestação é, sem dúvida, a maior fonte das emissões de CO₂, libertando carbono sequestrado para a atmosfera como resultado da queima e perda de biomassa (PNUD, 2007).

O grande desafio que enfrentamos, neste início do século XXI, é, pois, o de diminuir o consumo mundial de combustíveis fósseis, por meio da poupança de energia, da utilização mais eficiente da energia primária, do desenvolvimento das energias renováveis (solar, térmica e fotovoltaica, eólica, biomassa, geotérmica, ondas, marés), da energia nuclear, em especial associada à fusão nuclear, de novas tecnologias de produção de energia e da inovação científica e tecnológica no domínio da produção e utilização mais eficiente da energia. Outra opção de mitigação é a captação e o armazenamento de dióxido de carbono (CAC), que constitui um processo consistente de separação do CO₂ emitido pela indústria e fontes relacionadas com a energia, o seu transporte para um lugar de armazenamento e o seu isolamento da atmosfera a longo prazo. O IPCC (2005) considera a CAC uma opção, entre outras, para a estabilização das emissões de GEE.

A CAC tem a potencial capacidade de reduzir os custos gerais da mitigação e de aumentar a flexibilidade, para alcançar a redução das emissões de GEE. A aplicação generalizada da CAC

dependerá da maturidade tecnológica, dos custos, do potencial global, da difusão e da transferência da tecnologia dos países em desenvolvimento e da sua capacidade para aplicar a tecnologia, dos aspectos normativos, das questões ambientais e da percepção pública (IPCC, 2005).

As alterações climáticas são um problema global, que exige uma solução multinacional. O ponto de partida deve ser um acordo internacional para a limitação das emissões de GEE, em que as estratégias para essa limitação têm de ser desenvolvidas a nível nacional, adaptadas à realidade de cada país.

Considerando que, para vencer esta batalha, as emissões de CO₂ têm de estabilizar no nível de 450ppm de CO₂eq, todos os países ricos terão que reduzir as emissões de GEE em, pelo menos, 80%, até 2050, e em 30%, até 2030. Para que estes objectivos sejam cumpridos, os níveis de emissão colectiva deverão começar a diminuir entre 2012 e 2015. Os países em vias de desenvolvimento também terão que efectuar uma transição para a diminuição das suas emissões de carbono, embora a um ritmo que seja compatível com a limitação dos seus recursos e a prioridade de alcançar um crescimento económico sustentável e de reduzir a pobreza (PNUD, 2007).

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2007), existem três alicerces para o sucesso deste percurso. O primeiro passo consiste em estabelecer um preço para as emissões de carbono. As duas opções para estabelecer um preço para as emissões de carbono são a taxação, ou seja, a fixação de um preço ao carbono, e o limite-e-negociação, em que o governo estabelece um limite para o total de emissões, emitindo licenças negociáveis (no caso, “licenças para poluir”) que permitam a qualquer ramo de negócios emitir uma determinada quantidade. Aos que conseguirem diminuir as suas emissões, com menos custos, ser-lhes-á possível vender as suas licenças a outros que, de outro modo, seriam incapazes de cumprir o estabelecido (PNUD, 2007).

O segundo passo é a alteração comportamental em grande escala. Tendo em consideração que há um longo período de tempo que separa a acção dos seus resultados, visto que a mitigação só deverá começar a surtir efeitos depois de 2030, e que, conseqüentemente, as temperaturas mundiais só começarão a cair por volta de 2050, é necessário actuar já, individualmente, assumindo a responsabilidade de resolver esta crise e não ficar à espera da actuação dos governos.

Algumas mudanças na vida de cada de pessoa, sem necessariamente exigirem grandes sacrifícios, contribuirão para a redução das emissões de dióxido de carbono. Uma forma de começar a fazer a diferença é aprendendo em que medida o modo como vivemos afecta o nosso ambiente global (Gore, 2006). Ao incorporar estas práticas no quotidiano de cada um não estaremos só a contribuir para a solução global, mas também a melhorar a qualidade de vida individual.

Diminuir as emissões resultantes do consumo doméstico é possível através da procura de opções de energia “verde”, como, por exemplo, utilizar o Sol para o aquecimento da água doméstica e para a produção de energia eléctrica. A escolha de alternativas que promovam a eficiência energética, como a opção por lâmpadas e electrodomésticos que poupem energia, aliada a uma correcta utilização dos mesmos, traduzir-se-á numa poupança efectiva.

No sector dos transportes, a maioria de nós não está ainda em condições de deixar de utilizar combustíveis fósseis, mas pode conduzir de forma mais inteligente e, assim, reduzir o seu consumo. Andar a pé, de bicicleta, usar os transportes públicos, são tudo opções que levarão à (possível e desejável) redução das emissões de CO₂.

Podemos reduzir as emissões consumindo menos e conservando com sensatez. A cultura do consumo, que está tão bem assimilada pela maioria dos habitantes do planeta, tem de ser alterada. Comprar menos, reutilizar, reciclar, são tudo opções positivas para o ambiente.

Apesar de podermos começar com acções individuais, os governos desempenham um papel fulcral no encorajamento de uma alteração comportamental que apoie a transição para uma economia com baixos níveis de carbono. Estabelecer padrões, disponibilizar informação, encorajar a pesquisa e o desenvolvimento e, quando necessário, restringir escolhas que comprometam os esforços aplicados na luta contra as alterações climáticas, são acções fundamentais.

Em relação a esta relutância da humanidade em lidar com as alterações climáticas, Flanery (2006), afirma: “Se os cientistas estivessem a prever um regresso iminente a uma era glacial, estou certo de que a nossa reacção seria mais enérgica. O termo “aquecimento” cria uma ilusão de um futuro confortável e quente, [...]. A nossa profunda resistência psicológica à ideia de que “quente” pode ser mau ilude-nos acerca da natureza das alterações climáticas” (Flanery, 2006, p. 264).

O terceiro passo desta luta é, sem dúvida, a cooperação internacional. Os países ricos devem assumir a liderança no combate às perigosas alterações climáticas, fazendo os primeiros

e mais profundos cortes nos níveis de emissão. No entanto, qualquer programa que não estabeleça objectivos a ser cumpridos por todos os países possuidores dos mais elevados níveis de emissão de GEE será um fracasso (PNUD, 2007).

A cooperação internacional pode ajudar a facilitar a transição para baixos níveis de carbono dos países em vias de desenvolvimento, através do aumento do apoio financeiro e tecnológico para uma produção energética com baixo nível de carbono. Embora esta redução constitua uma prioridade, ela não pode comprometer, de forma alguma, o desenvolvimento humano e o crescimento económico (PNUD, 2007).

Neste sentido, foi dado um passo inicial na Cimeira anual do G8 (Alemanha, França, Reino Unido, Itália, Japão, Estados Unidos da América, Canadá, Rússia e representante da Comissão Europeia), que decorreu em Heiligendamm, em Junho de 2007. Neste encontro, os líderes do G8 aceitaram os princípios para uma acção urgente focada na eliminação de perigosas alterações climáticas. Não foram adoptadas quaisquer medidas formais, mas, no entanto, a cimeira concordou em “considerar seriamente” as decisões tomadas pelo Canadá, pela União Europeia e pelo Japão, assentes na ambição de reduzir as emissões globais para metade, até 2050 (PNUD, 2007). A concretização da vontade de combater as alterações climáticas, manifestada na cimeira do G8, surgiu na Conferência das Alterações Climáticas de Bali, realizada em Dezembro de 2007, pelas Nações Unidas. O grande objectivo desta conferência era o de encontrar um acordo internacional pós-Quito, tendo os ministros de 180 países aprovado um roteiro para as negociações de um novo acordo, para o combate ao AG. O roteiro de Bali estabelece o processo de trabalho na construção de um novo regime de combate às alterações climáticas, que inclui a adaptação, a mitigação e a cooperação tecnológica e financeira (UNFCCC, 2008a).

Neste roteiro de negociações, que deverá ficar concluído em 2009, irão ser considerados novos “compromissos” ou “acções”, para todos os países desenvolvidos, incluindo metas de redução ou limitação de GEE. Os compromissos deverão ser comparáveis entre si e levar em conta as realidades próprias de cada país. Para os países em desenvolvimento, serão estudadas “acções” nacionais voluntárias, suportadas por apoios na área da tecnologia, capacitação e finanças. O acordo não inclui nenhuma meta indicativa de redução de emissões de GEE no futuro. No entanto, numa nota de rodapé, cita um capítulo de um relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, onde essas metas indicativas são referidas. O tratado também deverá considerar “incentivos positivos” para combater a desflorestação e a

degradação de florestas (UNFCCC, 2008). Esta conferência, apesar de ter sido um processo negocial muito difícil e longo, foi considerada bem sucedida, dado ter conseguido que países desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, que era o mais renitente em cumprir o Protocolo de Quioto, se comprometessem a reduzir as emissões, nos próximos anos.

Foi na Conferência das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, celebrada em Poznan (Polónia), em Dezembro de 2008, que se firmou um claro compromisso dos governos em iniciar um período de negociação intensa, durante o ano de 2009, com o propósito de se formular uma resposta internacional ambiciosa e eficaz para as alterações climáticas. Esta resposta definir-se-á na 15ª Conferência das Partes que terá lugar em Copenhaga, em Novembro de 2009.

Em Poznan, decidiu-se que os compromissos dos países industrializados, para depois de 2012, deveriam ser estabelecidos sob a forma de objectivos quantificados de limitação e redução das emissões de GEE, em consonância com o tipo de objectivos assumidos, para o primeiro período, no Protocolo de Quioto. Este encontro reforçou a confiança numa possível solução global para esta problemática, como se pode inferir pela frase proferida pelo Presidente desta conferência, o Ministro do Ambiente da Polónia, Maciej Nowicki: “a associação entre o mundo em desenvolvimento e o desenvolvido para combater as alterações climáticas, superou a fase da retórica para passar à da acção real” (UNFCCC, 2008b, p. 1).

Um dos pedidos efectuado pelas Partes ao Órgão Executivo, nesta conferência, foi o de agilizar e acelerar o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é um dos mecanismos de flexibilização criados pelo Protocolo de Quioto, para auxiliar o processo de redução de emissões GEE ou de captura de carbono, avaliando as implicações da inclusão de projectos de captação e armazenamento de carbono. Esses projectos, que reduzem as emissões de GEE nos países em desenvolvimento e contribuem para o desenvolvimento sustentável, podem ganhar créditos de redução certificada das emissões (RCE). Os países com um compromisso estabelecido no Protocolo de Quioto comprariam RCE, para colmatar uma parte dos seus compromissos de redução das emissões, em virtude deste tratado (UNFCCC, 2008b).

Neste longo percurso de negociações, a 15ª Conferência das Partes, que ocorrerá em Copenhaga, constituirá um marco internacional para o estabelecimento de regime mundial de políticas relativas às alterações climáticas para depois de 2012 (o último ano do primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto). Espera-se que nesta conferência se estabeleça um marco de acção cooperativa, a longo prazo, para formular uma política bem definida para a

consecução de uma meta mundial muito clara e quantificada de estabilização dos GEE na atmosfera. Também terá de assegurar uma ampla participação e implementar sólidos mecanismos normativos que permitam alcançar o objectivo definido. O sector energético cumprirá uma função chave na redução dessas emissões, mediante importantes melhorias na eficiência energética e na adopção acelerada de tecnologias, baseadas em recursos renováveis e de baixa emissão de carbono, tais como a captura e o armazenamento de carbono (IEA, 2008).

Para que se vença esta luta global com justiça e sem causar mais desequilíbrios, é imprescindível unir esforços para a urgente mitigação, assegurando que as alterações climáticas que se verificaram até ao momento não impliquem um retrocesso no desenvolvimento humano.

2.3 Os conhecimentos dos alunos acerca de Aquecimento Global e Efeito de Estufa

2.3.1 Concepções sobre as causas do Aquecimento Global e Efeito de Estufa

Embora as amostras dos estudos que permitiram, entre outros aspectos, descrever as concepções dos alunos acerca das causas dos fenómenos ambientais (AG e EE) sejam diferentes no que diz respeito à nacionalidade, nível etário e formação escolar nos temas em questão, é possível encontrar ideias comuns aos sujeitos que participaram nos diferentes estudos.

Uma das ideias que predomina nos vários grupos é a de que o aumento do buraco na camada de ozono (diminuição da camada de ozono) está na origem do AG, por possibilitar a penetração dos raios solares que vão, assim, aquecer o planeta. Francis *et al.* (1993) afirmam, num estudo que envolveu 563 alunos ingleses, com idades compreendidas entre os oito e os 11 anos, embora sem indicarem valores percentuais, que esta concepção não é uma ideia pontual, mas uma ideia característica e comum às muitas crianças que se referiram, explícita ou implicitamente, à diminuição da camada de ozono como causa do AG. Os autores sugerem que a base racional para esta ideia se encontra na junção da combinação lógica das ideias que relacionam o AG com o buraco na camada de ozono, com a possível confusão destes dois assuntos complexos, que envolvem conceitos abstractos e comuns, e a única, simples e lógica estrutura conceptual, aparentemente presente nas crianças, na qual todos os problemas ambientais estão relacionados. Meadows & Wiesenmayer (1999), na investigação que realizaram

com o objectivo principal de determinar a causa desta concepção, e na qual fizeram a análise de vários estudos, chegaram à mesma conclusão em relação à explicação da sua origem.

Rye *et al.* (1997) concluem, no estudo que levaram a cabo com 24 alunos americanos, entre os 10 e 13 anos, que aquela concepção é apresentada por 54% dos inquiridos, que afirmam que a diminuição da camada de ozono e/ou o aumento da radiação UV é a maior causa do AG. Acrescente-se que 20% dos alunos deste grupo acreditam que a diminuição da camada de ozono contribui para o aquecimento do planeta. Segundo os autores, o estabelecimento, pelos alunos, de uma relação causa/efeito incorrecta, relativamente aos fenómenos ambientais, pode derivar da sua abordagem simultânea, sem uma adequada comparação e distinção dos mesmos fenómenos, dado que ambos se explicam com recurso aos mesmos conceitos.

Segundo Groves & Pugh (1999) e Khalid (2003), que realizaram estudos nos Estados Unidos da América, apenas com alunos universitários, a concepção alternativa, acima referida, persiste ainda em alguns jovens adultos.

Na investigação realizada por Rye *et al.* (1997) foram detectadas duas outras concepções relacionadas com a acima discutida. Efectivamente, um terço dos alunos referiu que o único papel do dióxido de carbono no AG é a destruição da camada de ozono, o que, segundo eles, por sua vez, provoca a entrada de mais raios de Sol na Terra, aquecendo-a. Para além disso 25% referiu o mesmo, mas em relação aos CFC's.

Outras causas para o AG, como o número elevado de raios de Sol que chegam à Terra, os desperdícios radioactivos, a chuva ácida, o lixo nos rios, etc., são apontadas em estudos realizados em Inglaterra por Boyes & Stranisstreet (1993, 2001) e Jeffries *et al.* (2001). Neste último estudo, a amostra era constituída por 250 estudantes, a frequentar o primeiro ano do ensino universitário, demonstrando os resultados obtidos que aquelas concepções persistem com a escolaridade.

No estudo realizado por Boyes & Stranisstreet, em 1993, a amostra era constituída por 861 alunos, com idades entre os 11 e os 16 anos. Em 2001, aqueles autores, com o objectivo de determinar de que modo o conhecimento dos alunos evolui desde 1993, efectuaram um estudo semelhante, com uma amostra de 1485 alunos da mesma faixa etária. Verificaram um aumento na percentagem de alunos que indicaram a diminuição da camada de ozono e o lixo radioactivo como causas do AG. No entanto, um menor número de alunos indicou a poluição dos rios e o lixo das ruas, como razões para o incremento deste fenómeno. Ainda nestes estudos, as

crianças mais novas, entre os 11 e os 12 anos, apontam como causas para o EE o lixo das ruas, o lixo radioactivo e as chuvas ácidas. No entanto, as duas últimas causas também são referidas, mas em menor percentagem, pelos alunos dos 13 aos 16 anos.

No que toca a investigações feitas acerca dos conhecimentos que os alunos possuem sobre o EE, verifica-se que estes surgem, a maior parte das vezes, interligados ao fenómeno do AG e vice-versa. Como tal, as ideias referidas anteriormente para o AG são também associadas pelos alunos ao EE.

Em relação aos gases que provocam o EE, dos resultados dos estudos (Boyes & Stanisstreet, 1993 e 1997) realizados em Inglaterra, conclui-se que 25% a 50% das crianças, entre os 11 e os 16 anos, não identificaram o dióxido de carbono como GEE. No estudo efectuado pelos mesmos autores, em 2001, verificou-se que os conhecimentos dos alunos acerca do EE evoluíram ligeiramente, dado que cerca de 68% dos alunos já identificaram o dióxido de carbono como um GEE. Todavia, esta falta de informação não persiste com a escolaridade, como demonstram os estudos realizados com alunos universitários, por Jeffries *et al.* (2001), com alunos de nacionalidade inglesa, e por Khalid (2003), com alunos americanos.

Mais de dois terços dos alunos que participaram nos estudos realizados por Boyes & Stanisstreet (1993, 1997, 2001), Dove (1996) e Groves & Pugh (1999), identificam os CFC's como GEE. Apesar de ser uma concepção cientificamente correcta, os autores referem que esta surge não porque os alunos possuem o conhecimento cientificamente aceite de que os CFC's são GEE, mas sim devido à relação incorrecta que estabelecem entre o aumento do buraco na camada de ozono e o aumento do EE, que foi discutida anteriormente. Com efeito, os alunos associam correctamente os CFC's ao aumento do buraco na camada de ozono e, devido à confusão apresentada entre este problema ambiental e o EE/AG, associam estes gases, também, ao EE.

Dos estudantes universitários ingleses, que participaram na investigação realizada por Dove (1996), uma pequena percentagem (10%) referiu o metano como gás envolvido no EE, mas nenhum mencionou o vapor de água ou os óxidos de azoto. No entanto, cerca de metade dos alunos ingleses, com idades compreendidas entre os 11 e os 16 anos, que participaram nos estudos realizados por Boyes & Stanisstreet (1993, 2001), identificaram o metano e os gases resultantes do uso de fertilizantes (óxidos de azoto) como gases causadores do EE. O ozono troposférico foi considerado como GEE por cerca de um quarto dos inquiridos, naqueles dois estudos realizados por Boyes & Stanisstreet.

Acrescente-se que no estudo realizado por Dove (1996), 14% dos alunos participantes referiram o oxigénio como GEE, 5% fizeram a mesma referência para o azoto e nenhum aluno mencionou o hidrogénio como GEE.

Koulaidis & Christidou (1998) investigaram os modelos conceptuais que os alunos gregos (11/12 anos) têm acerca do aumento do EE. Os resultados deste estudo permitem afirmar que existe uma tendência para confundir o EE com o buraco do ozono e para entender o EE, exclusivamente, como um problema ambiental, ignorando o facto de ser, também, o resultado de um fenómeno natural. Além disso, também parece existir a tendência para relacionar apenas alguns dos GEE com este fenómeno.

Andersson & Wallin (2000) realizaram um estudo na Suécia, com dois grupos de estudantes, com idades compreendidas entre os 15/16 anos e 18/19 anos, onde se pretendia averiguar quais os conhecimentos que possuíam acerca do EE e das consequências da redução das emissões de dióxido de carbono. Alunos de ambos os grupos explicam o EE referindo, apenas, as suas consequências ou as suas causas; associam-no a “alguma coisa”, que não identificaram, na atmosfera e ao aumento da temperatura. Revelam confundir o EE com o buraco na camada de ozono, quando explicam o EE mencionando que diferentes tipos de poluição, muitos gases ou gases tóxicos destroem a camada de ozono, provocando altas temperaturas ou aumentando a quantidade de radiação solar que atinge a Terra. Referem, ainda, que o calor/radiação não sai da Terra, porque existe uma barreira constituída por diversas substâncias ou somente por dióxido de carbono.

Da análise efectuada dos vários estudos empíricos, efectuados por diversos autores e com alunos de diferentes faixas etárias, nacionalidades e grau de formação, para além de se terem identificado algumas concepções comuns sobre as causas do AG e do EE, constatou-se que os alunos possuem graves lacunas nos conhecimentos relativos a estes fenómenos.

A ideia da existência de uma relação causal entre o AG/EE e o buraco na camada de ozono é a mais frequente e a que mais persiste com a escolaridade. No entanto, outras causas para AG são mencionadas. Entre elas contam-se o número elevado de raios de Sol que chegam à Terra, os desperdícios radioactivos, a chuva ácida e o lixo nos rios. A maioria atribui ao dióxido de carbono e aos CFC's um único papel no AG: a destruição da camada de ozono, o que, por sua vez, provoca a entrada de mais raios de Sol na Terra, aquecendo-a.

No que diz respeito aos GEE, os alunos mais novos não identificaram o dióxido de carbono como GEE e o metano, assim como os óxidos de azoto, são gases mencionados apenas por

cerca de metade dos inquiridos. O vapor de água não foi referido por nenhum dos alunos participantes nos estudos analisados.

Relativamente à explicação do fenómeno do EE, os alunos mais novos ignoram o facto de o mesmo ser, também, o resultado de um fenómeno natural; explicam que o calor/radiação não sai da Terra, porque existe uma barreira constituída por diversas substâncias ou somente por dióxido de carbono, ou simplesmente associam-no a “alguma coisa” na atmosfera e a aquecimento. O lixo das ruas, o lixo radioactivo e as chuvas ácidas são, também, apontadas como causas para este fenómeno.

2.3.2 Concepções sobre as consequências do Aquecimento Global e Efeito de Estufa

Na investigação realizada por Mason & Santi (1998), todos os 22 alunos italianos, dos 10 aos 11 anos de idade, que participaram no estudo, apontaram como consequências do EE a extinção de plantas e animais, um aluno referiu o degelo das calotes polares, o aumento brusco da temperatura do planeta, o aquecimento do Sol e a impossibilidade de apanhar banhos de Sol na praia. Esta última ideia estaria correcta se tivesse sido associada ao fenómeno ambiental do aumento do buraco na camada de ozono, o que volta a demonstrar a confusão apresentada pelas crianças em relação aos vários problemas ambientais. Por outro lado, segundo os autores, a referência a um aumento brusco da temperatura do planeta sugere a dificuldade associada à compreensão do facto de um aumento mínimo e gradual da temperatura do planeta poder provocar catástrofes nos ecossistemas.

Boyes & Stranisstreet (1993, 2001), nos estudos que realizaram com crianças inglesas entre os 11 e os 16 anos, sobre os dois fenómenos em causa nesta secção, constataram que foram apontadas correctamente, por mais de 50% dos inquiridos, as seguintes consequências dos dois fenómenos em estudo: o aumento da temperatura do planeta, as alterações climáticas, o degelo das calotes polares. Uma percentagem menor indicou mais inundações e maior número de pestes de insectos. No entanto, a par com a identificação de consequências correctas também foram apresentadas ideias não aceites cientificamente. A comida e a água contaminadas, mais ataques cardíacos, terremotos e o aumento do cancro de pele são algumas das consequências incorrectas do AG e EE apresentadas pelos alunos. O facto de mais de 70%

dos inquiridos ter referido o aumento do cancro de pele estará relacionado com a ligação estabelecida entre o buraco na camada de ozono e os dois fenómenos ambientais em estudo.

A investigação realizada por Jeffries *et al.* (2001), com 250 estudantes universitários ingleses, permitiu constatar que as concepções apresentadas nos estudos referidos anteriormente persistem em jovens adultos. Na verdade, cerca de 68% dos estudantes universitários que participaram neste estudo refere o cancro de pele como uma das consequências do EE. Também Dove (1996), na sua investigação com estudantes universitários ingleses, obteve resultados idênticos no que concerne à última consequência referida. Na verdade, cerca de 68% dos inquiridos, concordaram com a afirmação “Se o efeito de estufa aumentar, o cancro de pele aumentará.” Destes, cerca de 80% sugeriu que isso acontece devido ao aumento da radiação UV que alcança a Terra, com 23% a referir especificamente que esta passa através dos *buracos* da camada de ozono.

No que toca às consequências destes dois problemas ambientais, algumas das ideias cientificamente correctas são do conhecimento da maioria dos alunos, como o aumento da temperatura do planeta, as alterações climáticas e o degelo das calotes polares. No entanto, também há concepções alternativas acerca deste assunto que prevalecem e até aumentam com a escolaridade, sendo a mais frequente a de que o AG/ EE provoca cancro da pele.

2.3.3 Concepções sobre formas de minimização dos fenómenos do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa

Daniel *et al.* (2003) realizaram um estudo com 582 estudantes ingleses, de idades compreendidas entre os 11 e os 16 anos, cujo objectivo era identificar as ideias destes acerca das medidas a tomar para minimizar o AG do planeta. Uma percentagem superior a 60% dos inquiridos apresentou medidas adequadas, tais como: reduzir o número de indústrias e de automóveis, diminuir o uso do carvão, do óleo e dos CFC's, aumentar o uso de veículos eléctricos e das energias renováveis e a plantação de mais árvores. Como ideias cientificamente incorrectas, referidas por mais de metade dos inquiridos, surge a diminuição do uso da energia nuclear, a redução do buraco na camada de ozono e a diminuição da utilização de gasolina sem chumbo e de pesticidas. Exclusivamente pelos alunos mais novos são apontadas acções amigas do ambiente como solução para este problema ambiental. Entre elas contam-se, por exemplo, a

protecção das espécies raras, a redução da poluição da água do mar e dos rios, bem como a eliminação do lixo nas ruas e o reforço da reciclagem do papel.

Resultados semelhantes foram obtidos nos estudos realizados por Boyes & Stranisstreet (1993, 2001) e Francis *et al.* (1993), em relação ao EE. Boyes & Stranisstreet (1993, 2001) nos estudos que realizaram com alunos ingleses, entre os 11 e os 16 anos de idade, verificaram que, entre 70% a 90% dos inquiridos, associaram a utilização de gasolina sem chumbo à minimização do EE, tendo-se verificado um aumento desta concepção nas idades mais avançadas. Cerca de 86% foi a percentagem de alunos que, no estudo realizado por de Francis *et al.* (1993), com idades compreendidas entre os 8 e os 11 anos, relacionaram o uso de gasolina sem chumbo com a redução dos efeitos do aumento do EE.

No entanto, de 1993 para 2001, segundo estudos efectuados por Boyes & Stranisstreet, verificou-se que determinadas ideias cientificamente incorrectas são menos frequentes no grupo de crianças mais novas, nomeadamente em relação à referência das acções amigas do ambiente como forma de minimizar o AG. Contudo, não se verificou a mesma evolução nos estudos realizados por Groves & Pugh (1999) e Jeffries *et al.* (2001), com estudantes universitários de nacionalidades diferentes, quando concluíram que estas concepções incorrectas, acerca das formas de minimizar o fenómeno do AG, relacionadas com algumas acções amigas do ambiente ainda persistirem com a escolaridade, apesar de em menor percentagem.

Na investigação que Andersson & Wallin (2000) realizaram na Suécia, os dois grupos de estudantes, de idades compreendidas entre os 15/16 anos e os 18/19 anos, defenderam, relativamente às emissões de dióxido de carbono, a sua redução quer nos países industrializados quer nos países em desenvolvimento. Apesar de esta redução ser desejável, a não diferenciação daqueles dois grupos de países revela, segundo os autores do estudo, que os estudantes em causa não equacionam a magnitude das mudanças sociais provocadas pela drástica redução das emissões do dióxido de carbono. Os países ricos deverão encetar essa redução, mesmo que tenham consequências ao nível económico, social e político. Os países em vias de desenvolvimento também terão de diminuir as suas emissões de carbono, embora a um ritmo mais lento, consistente com a maior limitação dos seus recursos, e a prioridade de alcançar um crescimento económico sustentável e de reduzir a pobreza.

2.3.4 Preocupações e fontes de informação sobre os fenómenos do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa

Nos estudos efectuados por Jeffries *et al.* (2001), com 250 estudantes universitários ingleses, e por Boyes & Stranisstreet (2001), com 1485 estudantes ingleses, entre os 11 e os 16 anos de idade, para além de serem investigados os conhecimentos dos alunos acerca das causas, consequências e possíveis *curas* para o EE/AG, os autores também inquiriram os alunos sobre as suas preocupações em relação a estes assuntos, bem como sobre as fontes de informação em que se basearam para aprender acerca destes problemas ambientais.

Relativamente às inquietações face ao EE/AG, no estudo efectuado por Boyes & Stranisstreet (2001), apenas 17 % dos alunos referiu estar muito preocupado, mais de metade (56%) mostra-se pouco preocupados e cerca de um quarto (26%) disse não estar nada preocupado.

No estudo com alunos universitários, realizado por Jeffries *et al.* (2001), verificou-se um aumento da inquietação em relação a este fenómeno. Um terço dos alunos (31%) referiu estar muito preocupado com o AG, cerca de metade (56%) sentiu-se um pouco preocupado e apenas 13% dos inquiridos referiu não estar nada preocupado com estes problemas.

No que toca às fontes de informação, formais ou informais, onde os alunos adquiriram os conhecimentos sobre os assuntos em estudo, foi-lhes solicitado que explicitassem a importância que as diversas fontes de informação tiveram para eles.

No estudo de Boyes & Stranisstreet (2001), a informação apreendida nas mais populares fontes de informação varia consoante a idade. Cerca de 28% dos alunos mais novos e 46 % dos restantes mencionaram ter aprendido bastante na televisão e 46 % dos alunos das faixas etárias mais baixas e 63 % dos alunos com idades mais avançadas consideraram a escola como a fonte de informação. Poucos alunos referiram ter aprendido através das revistas (21%) ou pela rádio (10%), não variando os resultados, nestes casos, com a escolaridade.

No que diz respeito aos alunos universitários, a maioria (85%) referiu que foi na escola que aprendeu muita ou bastante da informação que possuem. Cerca de metade destes alunos também mencionou ter aprendido muito ou bastante na televisão (56%) ou nos jornais e revistas (53%). Poucos alunos (12%) consideraram a rádio como fonte de informação. Os investigadores referem que estes resultados reflectem o efeito combinado do numeroso material acerca destes assuntos transmitido ou publicado pelos diferentes meios de comunicação social e a frequência

com que estes estudantes acedem a esses meios. O resultado de 85% para a escola e 56% para a televisão surpreendeu os investigadores, dado contrariar o poder que se julga ter este meio de comunicação social.

Em síntese, no que diz respeito às preocupações dos alunos face ao EE e ao AG, constata-se que a maioria dos alunos que participaram nos estudos revistos não se sente muito inquietada com estes problemas. Em relação às fontes de informação, a escola e a televisão foram as indicadas por mais alunos, tendo a última uma maior influência para os alunos mais novos.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Introdução

Este capítulo tem como propósito apresentar e justificar a metodologia utilizada na investigação realizada. Assim, o capítulo inicia-se com a descrição do estudo efectuado, onde se procura apresentar, em linhas gerais, o modo como este foi orientado (3.2).

A seguir, apresenta-se a caracterização da população e amostra utilizadas (3.3), justifica-se a selecção da técnica de recolha de dados (3.4.1) e caracteriza-se o instrumento de recolha de dados (3.4.2).

Finalmente, descreve-se o modo como os dados foram recolhidos (3.5), bem como os procedimentos adoptados no seu tratamento e análise (3.6).

3.2 Descrição do estudo

Esta investigação consistiu em questionar alunos portugueses sobre conceitos relacionados com o AG e o EE, com o principal objectivo de diagnosticar os conhecimentos que, eles apresentam, à saída dos ensinos básico e secundário, relativamente aos fenómenos em questão.

Neste estudo participaram dois grupos: o grupo EB, constituído por alunos do 9º ano de escolaridade, e o grupo ES, constituído por alunos do 11º ou 12º ano de escolaridade, da área de Ciências e Tecnologias, que frequentaram o Bloco 1, da disciplina de Física e Química A.

Para a consecução dos objectivos desta dissertação, foi necessário utilizar um questionário do tipo teste de conhecimentos, no qual se incluíram perguntas de tipo aberto, de escolha múltipla e um esquema, permitindo obter uma informação sobre diversos aspectos relacionadas com os fenómenos EE e AG, ao qual os alunos responderam individualmente, sem tempo limite. Com a excepção da primeira parte do questionário, referente aos dados pessoais e académicos, as restantes questões foram iguais para os dois grupos de alunos, tendo havido a preocupação

de redigir e estruturar as diversas questões de forma a serem adequadas aos diferentes níveis etários.

Após a aplicação do questionário, procedeu-se à recolha das respostas dadas e posteriormente à sua análise, para poder identificar os conhecimentos e as concepções sobre AG e EE perfilhadas pelos alunos do ensino básico e secundário e averiguar da sua possível evolução.

3.3. População e amostra

Neste estudo, a população é constituída por dois grupos distintos, sendo, o primeiro, constituído por alunos do 9º ano de escolaridade, que se encontravam a terminar a escolaridade obrigatória (grupo EB), e o segundo grupo formado por alunos do 11º e 12º ano da área de Ciências e Tecnologia, que frequentaram o Bloco 1, da disciplina de Física e Química A (grupo ES). O segundo grupo incluía alunos que tinham frequentado, pelo menos, o Bloco 1 da disciplina de Física e Química A, uma vez que é no Bloco 1 e na disciplina referida que, no ensino secundário, são abordados os fenómenos, nos quais incide este estudo, como já foi demonstrado no capítulo I. Sendo estes dois grupos muito numerosos, e como recomenda a literatura da especialidade (Ghiglione & Matalon, 1997), optou-se por seleccionar uma amostra através da qual se recolheram os dados necessários para alcançar os objectivos do estudo. Por razões de conveniência, associadas à proximidade geográfica da área de residência e de trabalho da investigadora, focalizou-se a selecção dos alunos no distrito de Viana do Castelo. Contudo, de modo a aumentar a heterogeneidade da amostra e a sua representatividade relativamente à população de que foi extraída, houve necessidade de encontrar formas de diversificar as histórias escolares desses alunos, pelo que os alunos que participaram no estudo são provenientes de seis escolas, com 3º ciclo do ensino básico e/ou ensino secundário, do distrito de Viana do Castelo. Do primeiro grupo, grupo EB, participaram 98 alunos pertencentes a quatro escolas distintas e do segundo grupo, grupo ES, fizeram parte 97 alunos provenientes de três escolas. Entre estas escolas encontram-se três escolas de cidade, nomeadamente, Escola Secundária de Monserrate, Escola EB 2,3 Frei Bartolomeu dos Mártires e Escola EB 2,3 de Viana do Castelo, sendo as duas restantes pertencentes a zonas mais rurais, a Escola EB 2,3/S de Monte da Ola e a Escola EB 2,3/S Pintor José de Brito.

Os alunos foram seleccionados por pertencerem a turmas cujos professores se disponibilizaram a colaborar no trabalho. A constituição da amostra não foi, portanto, o resultado de uma escolha aleatória dos sujeitos, facto que, como defende Ghiglione & Matalon (1997) daria uma maior garantia de representatividade estatística e de possibilidade de generalização dos resultados à população que a amostra pretende representar.

Os dados referentes à constituição das duas subamostras, correspondentes aos 9º e aos 11º/12º anos, encontram-se nos gráficos 1 e 2, respectivamente.

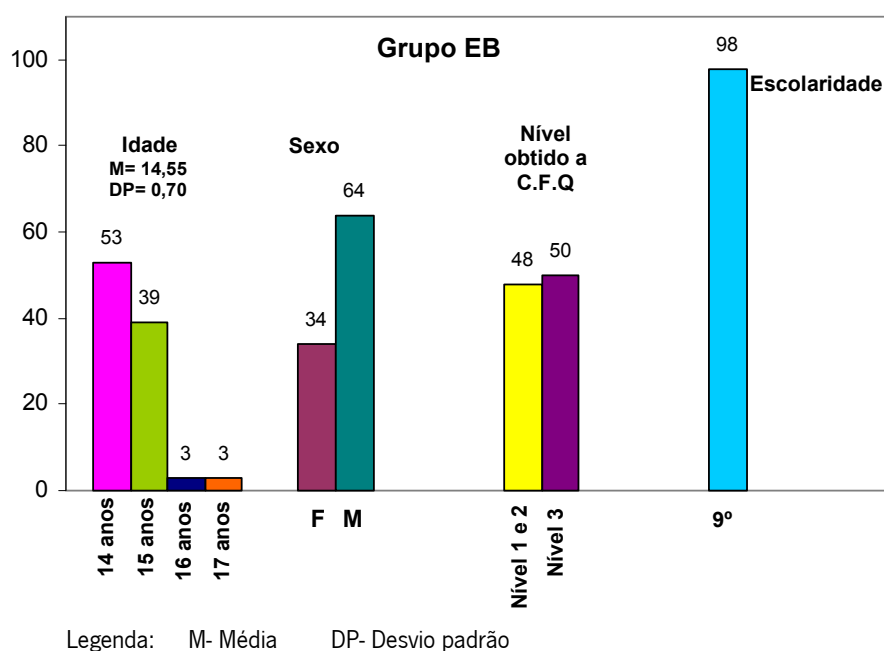


Gráfico 1: Distribuição dos sujeitos da subamostra EB, relativamente às características de sexo, idade e nível obtido à disciplina de Ciências Físico-Químicas (C.F.Q.).

Da análise dos dados do gráfico 1, constatou-se que, no grupo EB, as idades dos intervenientes estavam compreendidas entre os 14 e os 17 anos, tendo-se verificado que a maioria dos alunos (92) apresenta idade adequada para o nível de ensino em que se encontram. Esta subamostra revelou-se heterogénea em relação ao sexo dos alunos, uma vez que é constituída por 34 alunos do sexo feminino e por 64 do sexo masculino, verificando-se uma predominância deste último. No que respeita ao aproveitamento, apurou-se que os alunos são bastantes fracos, dado que cerca de 50% obtiveram nota negativa na disciplina de Ciências Físico-Químicas.

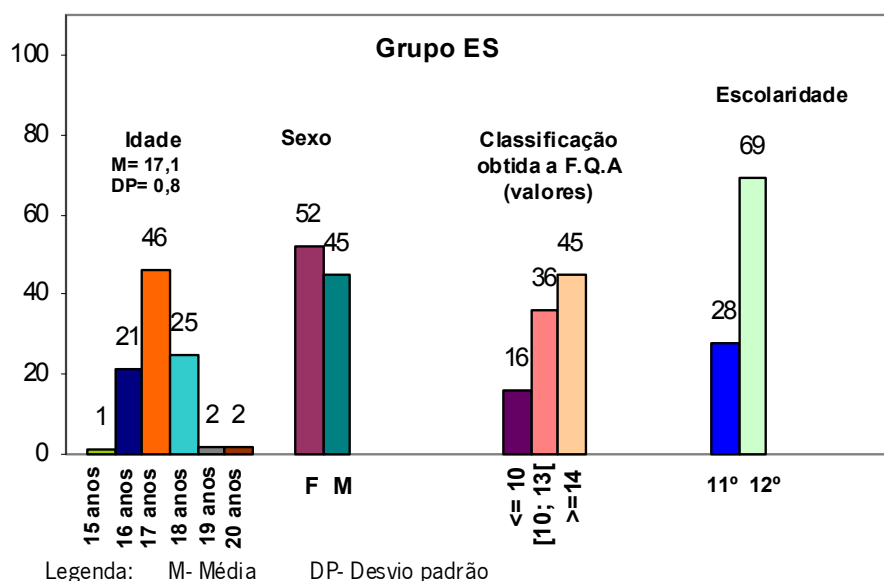


Gráfico 2: Distribuição dos sujeitos da subamostra ES, relativamente às características de sexo, idade e classificação obtida na disciplina de Física e Química A (F.Q.A).

No que diz respeito ao grupo ES (gráfico 2), as idades variam entre os 15 e os 20 anos, verificando-se que apenas sete alunos apresentam idade desadequada para o nível de ensino em que se encontram. Relativamente ao ano de escolaridade, 69 alunos encontravam-se a frequentar o 12º ano e 28 estariam no 11º ano. Esta subamostra é constituída por 52 alunos do sexo feminino e por 45 do sexo masculino. Relativamente à classificação obtida, no Bloco 1, da disciplina de Física e Química A, verificou-se que apenas 16 alunos têm classificação inferior a dez valores e que a maior parte (45) obteve classificação superior a 14 valores. Assim sendo, pode-se considerar este grupo como bom, em termos de aproveitamento.

3.4. Técnica e instrumento de recolha de dados

3.4.1. *Seleção da técnica*

Perante as restrições e vantagens implícitas nas diferentes técnicas de recolha de dados no âmbito da investigação quantitativa, considerou-se que a mais adequada, para a concretização dos objectivos desta dissertação, e tendo em conta a relativamente grande dimensão da amostra utilizada, seria o inquérito por questionário. A opção por esta técnica prendeu-se, também, com o facto de os sujeitos terem já capacidade de expressão suficiente.

Como referem Ghiglione & Matalon (1997), esta técnica tem a vantagem de permitir recolher uma grande quantidade de dados com relativa rapidez e facilidade, mas tem como desvantagem a dificuldade de interpretação das respostas dos inquiridos, especialmente quando se trabalha com questões de resposta aberta. No entanto, os alunos a que se destina têm já um desenvolvimento cognitivo suficiente, para interpretarem e responderem a um questionário, sem que as suas respostas se afastem da pergunta ou ofereçam grandes dificuldades de compreensão. Acresce que esta técnica, ao permitir a recolha de dados de forma anónima, impede que as respostas sejam influenciadas, no momento da recolha de dados.

3.4.2. Construção e validação do questionário

O questionário a utilizar neste estudo não é mais do que um teste de conhecimentos, tendo como principais objectivos:

- Diagnosticar os conhecimentos que os alunos portugueses apresentam, à saída do ensino básico e no ensino secundário, relativamente ao AG e EE;
- Comparar as concepções dos alunos do 3º ciclo do ensino básico com as dos alunos do ensino secundário.

Na elaboração do questionário tiveram-se em conta aspectos que poderiam interferir com as respostas, nomeadamente, a apresentação do questionário, o número de perguntas, a forma e a ordem das perguntas, bem como a escolha do tipo de pergunta e a formulação destas.

Relativamente à incidência das perguntas, foram considerados e analisados os principais conceitos preconizados no Currículo Nacional do Ensino Básico e no programa da disciplina de Física e Química A, Bloco 1, e de alguns estudos sobre concepções alternativas acerca dos fenómenos em causa. Os aspectos seleccionados para abordar no questionário estão apresentados no quadro 1. Não se tendo encontrado na literatura nenhum questionário que contemplasse todos estes aspectos e fosse considerado adequado aos objectivos deste estudo, houve a necessidade de construir um questionário. Contudo, nesse processo, tirou-se partido de questionários disponíveis na literatura estrangeira, designadamente em Boyes & Stanisstreet (1993, 1997), Dove (1996) e Jeffries *et al.* (2001).

Decidiu-se dividir o questionário em três partes: a primeira, dedicada à identificação pessoal e académica dos alunos a segunda, relativa ao EE (descrição do fenómeno, gases

envolvidos, causas e consequências) e a terceira respeitante ao AG (causas, consequências, formas de o minimizar, preocupações e fontes de informação). Os questionários dos grupos EB e ES diferem, apenas, na primeira parte.

Algumas questões foram desenhadas especificamente para este estudo, enquanto que outras, nomeadamente as questões 4, 8.1, 8.2, 8.3 e 10, foram adaptadas de outros questionários usados em estudos similares (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997; Dove, 1996 e Jeffries *et al.*, 2001) realizados no estrangeiro. As perguntas são de vários tipos: umas de tipo aberto e outras de escolha múltipla. Em algumas questões de escolha múltipla, de forma a não obter resultados superficiais e a não limitar a forma de expressão do inquirido, optou-se por um pedido de justificação da escolha. Ainda numa outra questão, pediu-se aos alunos um esquema que ilustrasse a resposta, a fim de se poder compreender melhor o que eles pensavam sobre o fenómeno em causa.

Depois de construídos, os questionários foram sujeitos à apreciação da orientadora desta dissertação, de seguida, foram validados por dois especialistas em Educação em Ciências, por dez professores de Física e Química, e por alunos dos 9º, 11º e 12º anos de escolaridade.

Aos especialistas e professores, foi-lhes solicitado que dessem o seu parecer acerca da adequação das questões aos objectivos do estudo, da sua pertinência e de eventuais omissões, bem como sobre a clareza do texto das questões e das intenções de resposta. A aplicação aos alunos permitiu obter informações sobre a adequação (em termos de clareza e objectividade) das questões aos respondentes e sobre o tempo necessário para responder aos questionários. Verificou-se que esse tempo era de, aproximadamente, 45 minutos.

Com base nos comentários dos especialistas e dos professores e na análise das respostas dos alunos, fizeram-se alguns ajustes. Assim, por sugestão dos especialistas e professores e na sequência da análise das respostas e dúvidas dos alunos, aperfeiçoaram-se os enunciados de algumas questões (ex: 4, 8, 9 e 10). Assim, na questão 4, era pedido aos alunos para fazerem um esquema que explicasse o EE e, inicialmente, a investigadora tinha orientado o esquema, colocando um desenho da Terra e do Sol. Seguindo a sugestão dos especialistas e de alguns professores, decidiu-se retirar esses desenhos, não fornecendo qualquer tipo de orientação aos alunos. No que toca à questão 8, ajustou-se a linguagem de algumas das opções e dividiu-se a questão em três alíneas. Na questão 9, acrescentaram-se mais duas hipóteses de resposta e na questão 10 que, numa fase inicial, estava pensada apenas para abordar o AG, acabou-se por acrescentar, também, o EE.

Os questionários modificados foram, de novo, apreciados pela orientadora e, de seguida, novamente validados por cinco alunos de cada um dos grupos em estudo. Não se tendo detectado problemas, considerou-se por terminado o processo de validação dos questionários cuja versão final consta, respectivamente, dos anexos I e II, e cuja estrutura se apresenta no quadro 1.

Quadro 1: Aspectos contemplados em cada uma das questões dos questionários

Aspectos	Número da questão
<i>Dados pessoais e académicos</i>	1, 2
<i>Conhecimentos acerca do Efeito Estufa (EE)</i> - Definição de EE; - Mecanismo físico do fenómeno do EE; - Gases envolvidos no EE; - A camada do ozono e o EE; - O EE como um fenómeno natural; - O aumento do EE como causa do Aquecimento Global.	3 4 5 6.1 6.2 6.3
<i>Conhecimentos acerca do Aquecimento Global (AG)</i> - Definição de AG; - Causas do AG; - Consequências do AG; - Formas de minimizar o AG.	7 8.1 8.2 8.3
<i>Consciência Pessoal e Social acerca do AG</i> - Preocupações dos alunos em relação ao problema; - Consciência da dimensão do problema; - Responsabilidade de resolução do AG..	9
<i>Fontes de informação</i>	10

3.5 Recolha de dados

Os dados foram recolhidos através da aplicação dos questionários aos alunos que foram seleccionados para participar no estudo.

Os questionários foram administrados em condições de exame, por cada um dos professores das turmas seleccionadas, durante o terceiro período do ano lectivo 2006/2007.

Antes da aplicação do questionário, os professores fizeram uma apresentação do mesmo, referindo o seu objectivo, sensibilizando os alunos para responderem de modo completo, e pediram aos alunos que, antes de devolverem o questionário respondido, verificassem se tinham

apresentado uma resposta para todas as questões. Depois de iniciada a resolução não se prestaram mais esclarecimentos.

3.6. Tratamento e análise dos dados

O tratamento de dados foi determinado tendo em conta a natureza das questões. Nas questões de resposta aberta foi efectuada uma análise de conteúdo das respostas apresentadas. Para isso, procedeu-se ao agrupamento de respostas que incluíam atributos semelhantes, e numa segunda fase, classificaram-se as respostas em categorias, definidas *a posteriori*, de acordo com o conteúdo dos diversos agrupamentos de resposta previamente efectuados. Neste processo foram tidas em conta as respostas na íntegra, ou extractos das mesmas, que clarificam concepções em função da pergunta solicitada. De seguida, calculou-se a frequência/percentagem de respostas para cada uma das categorias de resposta previamente definidas.

As categorias de resposta adoptadas para as questões que envolviam a definição de um fenómeno, respectivamente as questões 3 e 7, foram as seguintes:

Definições completas do fenómeno

Nesta categoria incluem-se as respostas dos alunos consideradas cientificamente aceites, dentro de determinados limites, tomando como critério de exigência o da concordância com o currículo e programas em vigor e o nível de escolaridade dos alunos. São considerados nesta categoria dois tipos de definições:

- Definição conceptual: Contempla a explicação do mecanismo físico do fenómeno;
- Definição operacional: Define o fenómeno em função das suas consequências e/ou causas.

Os aspectos a constar nas respostas dos alunos inseridos nesta categoria apresentam-se no anexo III.

Definições incompletas

Esta categoria inclui respostas que apresentam apenas alguns dos pontos que uma resposta cientificamente aceite tem que conter. Uma resposta considerada incompleta não pode ter pontos cientificamente não aceites. Ou seja, uma resposta que contenha simultaneamente aspectos cientificamente aceites e não aceites não se insere na categoria *respostas incompletas*.

Respostas que evidenciam confusões conceptuais

Nesta categoria incluem-se todas as respostas que, embora não sejam classificadas como cientificamente aceites, apresentam concepções e ideias que fazem algum sentido mas que correspondem a concepções alternativas dos alunos, incorrecções em termos de linguagem científica ou imprecisões acerca do assunto tratado.

Outras

Nesta categoria incluem-se todas as respostas em branco, e em que os alunos respondem “não sei”, assim como as respostas que em nada se relacionam com a questão formulada, ou que são muito confusas e, por isso, de difícil compreensão.

Para as questões 6.1, 6.2 e 6.3, relativas a conhecimentos acerca do fenómeno do EE e nas quais se solicita a opinião dos alunos em relação a três afirmações, com pedido de justificação, foram adoptadas as seguintes categorias de resposta:

Respostas cientificamente aceites

Nesta categoria incluem-se as respostas dos alunos consideradas cientificamente aceites, para o nível de escolaridade. Os aspectos a constar nas respostas dos alunos inseridos nesta categoria apresentam-se no anexo II.

Respostas incompletas

Esta categoria inclui respostas que apresentam apenas alguns dos pontos que uma resposta cientificamente aceite tem que conter. Uma resposta considerada incompleta não pode ter pontos cientificamente não aceites. Ou seja, uma resposta que contenha simultaneamente aspectos cientificamente aceites e não aceites não se insere na categoria de *respostas incompletas*.

Respostas evidenciando concepções alternativas

Nesta categoria incluem-se todas as respostas que, embora não podendo ser classificadas como cientificamente aceites, apresentam concepções e ideias que fazem algum sentido, ou seja, respostas que denunciam, de alguma forma, concepções alternativas dos alunos.

Outras

Nesta categoria incluem-se todas as respostas em branco e em que os alunos respondem “não sei”, as respostas que não têm qualquer relação com a questão formulada, ou que são muito confusas e, por isso, de difícil compreensão, assim como as respostas que não apresentem justificação.

Como se pretende comparar as respostas dos alunos dos diferentes níveis de escolaridade, analisaram-se, separadamente, os resultados dos dois grupos (EB e ES).

A partir da análise das respostas incluídas em “confusões conceptuais” ou “concepções alternativas”, identificaram-se as concepções que lhes estão subjacentes, tendo sido comparadas entre si as perfilhadas pelos alunos portugueses pertencentes aos dois grupos e, também, as destes alunos com as de alunos de outros países, a fim de obter uma ideia mais aproximada sobre a posição relativa dos nossos alunos no contexto internacional.

Nas respostas de escolha múltipla, os dados foram organizados no editor de dados de um programa informático, a fim de se efectuar uma análise estatística descritiva simples. Este tratamento estatístico permitiu elaborar os gráficos apresentados no capítulo IV, que realçam as análises efectuadas.

Assim, como sucedeu na análise das questões de resposta aberta, apreciaram-se separadamente os resultados dos dois grupos (EB e ES), de modo a poder comparar as respostas dos alunos dos dois grupos.

Na questão 5, relativa à identificação dos gases envolvidos no EE, os alunos tiveram de indicar, para cada um dos dez gases apresentados, o grau de influência que cada um deles tem no EE. As hipóteses de resposta eram as seguintes: nenhuma, alguma, muita e não sei. A intenção inicial da investigadora, ao colocar as hipóteses de resposta *Alguma* e *Muita*, foi a de distinguir os gases com efeito directo no EE daqueles que têm um efeito indirecto, neste caso, o monóxido de carbono. Contudo, durante a análise das respostas considerou-se que seria pouco adequado, principalmente, para os alunos do grupo EB, exigir tal distinção. Assim sendo, na

análise descritiva desta questão, apresentada na secção 4.2, do capítulo IV, consideraram-se as respostas que contemplavam as hipóteses *Alguma* e *Muita*, no que diz respeito aos gases considerados GEE, como respostas cientificamente correctas, efectuando-se a sua junção.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados da investigação efectuada para atingir os objectivos definidos no Capítulo I. Assim, apresenta-se a estrutura geral do capítulo (4.1), seguindo-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos com base nas respostas dadas pelos alunos ao questionário. Para uma mais fácil leitura, resolveu-se dividir a apresentação e discussão dos resultados em três secções: a primeira é referente às questões acerca do EE (4.2); a segunda centra-se nas questões sobre o AG (4.3) e a terceira incide nas questões alusivas às preocupações e fontes de informação sobre os dois fenómenos (4.4).

4.2. Concepções dos alunos sobre o Efeito de Estufa

As questões 3 e 4 dos questionários (anexos I e II) são relativas ao fenómeno do EE. Na questão 3 solicita-se uma definição do fenómeno e na questão 4 pede-se ao aluno que através de um esquema, explique a sua ideia acerca do fenómeno em causa.

A análise das respostas à questão 3 permitiu constatar que nenhum aluno apresentou uma definição conceptual completa do EE e que apenas dois alunos, do grupo ES (Ensino Secundário, 11º/12º anos), apresentaram definições completas, do tipo operacional (tabela 3). Esta análise mostrou, ainda, que 12 (12,4%) alunos do grupo EB (Ensino Básico, 9º ano) e 34 (35%) alunos do grupo ES deram respostas incompletas (tabela 1).

Relativamente às respostas incompletas, que têm a ver com definições conceptuais, no grupo EB apenas um aluno apresentou uma resposta deste tipo. Nesta resposta, o aluno mencionou somente um dos cinco aspectos que a resposta deveria incluir para ser considerada como “cientificamente aceite” (anexo III), mais concretamente, limitou-se a referir que o EE é um fenómeno natural. No grupo ES verificou-se uma maior percentagem de respostas incompletas (19,6%), associadas à definição conceptual do EE. Neste caso, um aluno explicou o EE, mencionando quatro dos cinco aspectos requeridos, dois alunos mencionaram apenas três

desses aspectos, sete alunos referiram dois aspectos e nove alunos mencionaram, simplesmente, um dos aspectos.

Estes resultados sugerem que o grupo ES se encontra num nível conceptual mais avançado que o grupo EB, mas são, também, indicadores das dificuldades sentidas pelos alunos, relativamente à aprendizagem dos conceitos envolvidos na explicação do fenómeno do EE. A título de exemplo, refira-se que, embora a explicação do mecanismo do EE requiera que os alunos dominem conceitos relacionados com as diferentes propriedades da radiação, a análise efectuada sugere que os alunos não utilizam correctamente os termos radiação incidente, reflectida e absorvida e não distinguem radiação de longo e curto comprimento de onda. Além disso, a maioria dos inquiridos assume que toda a radiação provém do Sol, ignorando a radiação emitida pela superfície da Terra.

Tabela 1: Distribuição das respostas dos alunos sobre a definição de efeito de estufa (N=195)

Tipos de resposta		Grupos			
		EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)	
		f	%	f	%
Definições completas do fenómeno	Conceptual	-	-	-	-
	Operacional	-	-	2	2,1
Definições incompletas	Conceptual	1	1,0	19	19,6
	Operacional	11	11,2	15	15,5
Evidenciando confusões conceptuais		70	71,4	57	58,8
Outras		16	16,3	4	4,1

Quanto às respostas incompletas, que têm a ver com as definições operacionais, no grupo EB, 11 alunos (11,2%) mencionaram um dos aspectos que a resposta deveria incluir para ser considerada como “cientificamente aceite” (tabela 1). Nove destes alunos referiram que o EE acontece devido à existência de alguns gases na atmosfera e os restantes discentes mencionaram que o EE mantém constante a temperatura média do planeta. No grupo ES, apurou-se uma percentagem ligeiramente superior deste tipo de respostas (15,5%), tendo oito alunos referido que o EE mantém constante a temperatura média do planeta e sete alunos mencionado que o EE acontece devido à existência de alguns gases presentes na atmosfera. Estes resultados demonstram que apenas 26 discentes (13,3%) conseguem, de forma incompleta, definir operacionalmente o fenómeno do EE. Apenas 10 alunos, de ambos os

grupos, indicaram a função natural deste fenómeno: manter constante a temperatura média do planeta. Este número reduzido de respostas pode, provavelmente, estar associado à tendência, verificada em outros estudos realizados com alunos estrangeiros (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Francis *et al.*, 1993; Dove, 1996; Rye *et al.*, 1997; Koulaidis & Christidou, 1998), de entenderem e interpretarem o EE, apenas como um problema ambiental e não como um fenómeno natural.

Da análise dos resultados relativos à categoria “definições incompletas do tipo operacional”, volta-se a concluir que o grupo ES se encontra num nível mais avançado que o grupo EB, apesar da diferença percentual ser menor, comparativamente com a obtida nas respostas relativas à definição conceptual. É evidente que a maioria dos alunos não consegue dar uma explicação elaborada do mecanismo causal do fenómeno do EE. Quando 16 alunos, de ambos os grupos, o definem dizendo, apenas, que acontece devido à existência de alguns gases presentes na atmosfera, sem especificar os gases envolvidos, isto indicia a falta de conhecimentos e/ou a dificuldade em conceptualizar e explicar este fenómeno que, como ficou provado no capítulo II, é relativamente complexo.

O tipo de respostas que apresenta maior frequência em ambos os grupos, 70 (71,4%) no grupo EB e 57 (58,8%) no grupo ES, são as que “evidenciam confusões conceptuais”. Nesta categoria de respostas foram incluídas quer as respostas que denunciam, de alguma forma, concepções alternativas dos alunos, quer as que revelam imprecisões em relação ao fenómeno em causa ou incorrecções em termos de linguagem. As diferentes concepções alternativas identificadas, assim como as outras respostas que se incluem nesta categoria, encontram-se na tabela 2.

A partir da tabela 2, verifica-se que, dos alunos que evidenciam confusões conceptuais, alguns (9,4%) confundem o EE com o problema da camada/buraco de ozono, apresentando diversas concepções alternativas. No quadro 2 são apresentadas algumas respostas que evidenciam as diferentes concepções alternativas identificadas. Para 13 alunos, o EE e a diminuição da camada de ozono são o mesmo fenómeno. Para 21 discentes, o EE é o aquecimento do planeta. Contudo, para 11 destes alunos, o EE é causado pelo facto de a camada de ozono deixar os raios UV entrar na atmosfera e, para os restantes dez, o aquecimento ocorre porque a camada de ozono está a ser destruída, permitindo, assim, a entrada dos raios UV.

Tabela 2: Distribuição das respostas que evidenciam confusões conceptuais sobre o efeito de estufa

Tipos de resposta		Grupo			
		EB 9º ano (n=70)		ES 11º/12º ano (n=57)	
		f	%	f	%
Concepções alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • Confusão com o problema da camada de ozono 				
	- O efeito de estufa consiste na diminuição/ destruição da camada de ozono.	11	15,7	3	5,3
	- O efeito de estufa é o aquecimento devido ao facto de a camada/buraco do ozono deixar passar os raios UV.	6	8,6	5	8,8
	- O efeito de estufa é o aquecimento provocado pelo facto de a camada de ozono estar a ser destruída/ diminuir e permitir a entrada de radiações perigosas/ raios UV.	9	12,8	1	1,7
	<ul style="list-style-type: none"> • O efeito de estufa consiste no calor/ radiação que chega à Terra não conseguir sair devido ... 				
	... a uma barreira não definida.	7	10,0	9	15,8
	... a uma camada de gases.	4	5,7	20	35,1
	... a uma camada de nuvens.	3	4,3	1	1,8
	... à capacidade da Terra em armazená-lo/ retê-lo.	6	8,6	-	-
	... à atmosfera.	2	2,9	4	7,0
<ul style="list-style-type: none"> • O efeito de estufa consiste no problema das chuvas ácidas. 	1	1,4	-	-	
Imprecisões sobre o fenómeno Efeito de Estufa / Incorreções de linguagem	O efeito de estufa provoca o aquecimento do planeta.	-	-	8	14,0
	O efeito de estufa é o aumento de temperatura / aquecimento global.	18	25,7	5	8,8
	O efeito de estufa são gases.	3	4,3	1	1,7

Cerca de 44% dos alunos que apresentam respostas que denotam confusões conceptuais referem que o EE se relaciona com o facto de o calor/radiação que chega à Terra ficar retido devido à existência de uma barreira/camada ou devido a uma capacidade do planeta o reter ou armazenar. Da análise da tabela 2, também se pode constatar que, na categoria das respostas que evidenciam confusões conceptuais, se incluíram ainda as respostas que revelam imprecisões sobre o fenómeno EE e/ou incorrecções de linguagem. Estas foram apresentadas por 27,6% dos alunos.

As respostas constantes no quadro 2 demonstram que os alunos, para além de não apresentarem a explicação correcta para o EE, também não possuem os conhecimentos correctos acerca das funções da camada de ozono na atmosfera. Estes alunos confundem o EE com o papel da camada de ozono e/ou com a sua destruição, vendo, no essencial, os dois fenómenos como um só. Esta confusão está patente nas respostas que conduziram às concepções alternativas detectadas (quadro 2).

Quadro 2: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à confusão entre o efeito de estufa e o buraco/camada de ozono

Concepções alternativas	Exemplos de respostas
O efeito de estufa consiste na diminuição/destruição da camada de ozono	<p>“ É uma diminuição da camada de ozono que permite a entrada dos raios UV mais potentes e aquece o planeta.” (980,EB)</p> <p>“ O efeito de estufa é a diminuição da camada de ozono (buraco na camada de ozono) devido à emissão de poluentes para atmosfera.” (1227, ES)</p>
O efeito de estufa é o aquecimento devido ao facto de a camada/buraco do ozono deixar passar os raios UV.	<p>“É o aquecimento do planeta causado pelo buraco na camada de ozono que deixa passar os raios UV enviados pelo Sol.” (977,EB)</p> <p>“O efeito de estufa é uma consequência do buraco do ozono uma vez que deste modo os raios solares, nomeadamente os UV entram na Terra, causando uma temperatura elevada.” (1214, ES)</p>
O efeito de estufa é o aquecimento provocado pelo facto de a camada de ozono estar a ser destruída/diminuir e permitir a entrada de radiações perigosas/raios UV	<p>“O efeito de estufa é para mim o aumento da temperatura terrestre devido à poluição que destrói a camada de ozono, permitindo assim que os raios UV entrem totalmente na atmosfera.” (942, EB)</p> <p>“ Há a camada de ozono que impede que as radiações perigosas do Sol entrem na Terra mas essa barreira está a ser destruída. Por isso a temperatura no nosso planeta aumenta, acontecendo o aquecimento global. Este conjunto de acções chama-se efeito de estufa.” (1211, ES)</p>

Quando os alunos utilizam a palavra “ buraco”, dizendo que os raios passam pelos buracos do ozono, esta forma de dizer indicia que consideram que o(s) buraco(s) são rupturas numa camada compacta. No geral, os alunos que apresentam esta concepção alternativa envolvem especificamente na explicação do fenómeno, a radiação UV, referindo que esta é “mais forte” e “mais quente” que a radiação solar comum.

As concepções relacionadas com a confusão entre o EE e a camada de ozono persistem com a idade e com o aumento do nível de escolaridade, embora sejam menos frequentes nos alunos do grupo ES, relativamente aos do grupo EB. Estes resultados são semelhantes aos encontrados noutros estudos (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997,2001; Dove, 1996; Groves & Pugh, 1999; Koulaidis & Christidou, 1998; Andersson & Wallin, 2000) que descrevem a dificuldade dos alunos em distinguir estes dois fenómenos, dificuldade essa que leva a explicá-los recorrendo aos mesmos conceitos.

Ainda no que concerne à questão 3, há outras concepções alternativas que emergiram da análise das respostas, designadamente, a explicação apresentada para o mecanismo do EE, que se baseia na seguinte ideia: o calor/radiação que chega à Terra fica retido devido à existência de uma barreira/camada ou devido a uma capacidade do planeta para o reter ou armazenar. Esta última concepção foi apresentada apenas por seis alunos do grupo EB. No quadro 2 são apresentadas algumas respostas que evidenciam estas concepções alternativas.

Dos alunos que fizeram referência a uma barreira que retém o calor no planeta, sete (10,0%), no grupo EB, e nove (15,8%), no grupo ES, não a identificaram. Aqueles que a definiram

chamaram-lhe camada de gases (EB: 5,7%; ES: 35,1%) ou camada de nuvens (EB: 4,3%; ES: 1,8%).

Dos alunos que referiram “camada de gases”, um aluno do grupo EB e cinco do grupo ES mencionaram o CO₂, um do grupo EB e dois do grupo ES especificaram os CFC’s e os restantes limitaram-se a falar em gases tóxicos, ou poluentes, sem explicitarem que gases são esses.

Dois alunos do grupo EB e quatro alunos do grupo ES atribuíram o papel da retenção do calor à atmosfera, não explicando de que modo é retido o calor, nem a que calor se referem, se ao solar ou se ao libertado pela superfície terrestre.

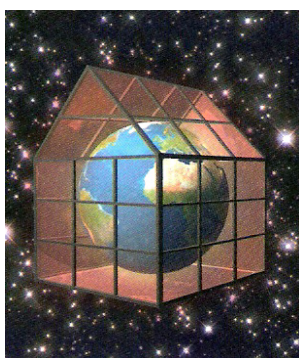
Um aluno, do grupo EB, para definir o EE, explicou o mecanismo de outro problema ambiental: as chuvas ácidas.

Quadro 3: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas em que o efeito de estufa é relacionado com a retenção do calor/radiação que chega à Terra

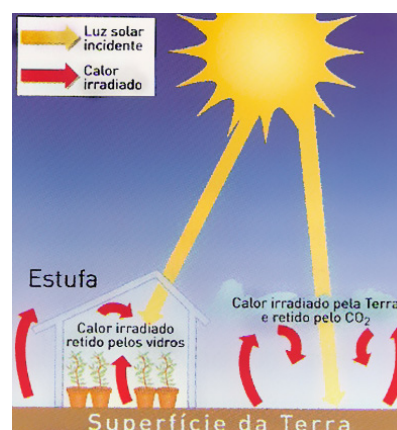
Concepções alternativas	Exemplos de respostas
O calor/ radiação que chega à Terra não consegue sair devido ...	
... a uma barreira (não definida).	- “ É a existência de uma camada que impede os raios solares de saírem da Terra.” (961,EB) - “ A radiação emitida para a Terra é absorvida para a superfície e reenviada novamente, mas existe uma camada onde é novamente reenviada para a superfície mantendo a temperatura constante.” (1273,ES)
... a uma camada de gases.	- “É o efeito dos CFC’s para a atmosfera, formando uma camada de gases, que deixa os raios de sol passarem, mas não deixa o calor sair da atmosfera do planeta.” (974, EB) - “A radiação solar ao incidir na superfície da Terra é absorvida, em parte, a parte que não é absorvida é emitida para o espaço, mas, devido à existência de uma camada de gases que mantém alguma radiação na Terra, mantém-se a temperatura constante.” (1271,ES)
...a uma camada de nuvens.	- “O efeito de estufa é uma coisa que acontece na natureza que também acontece nas estufas, em que radiação solar entra, mas depois não sai, aquecendo a estufa. Acontece devido a uma camada de nuvens. “ (932, EB) - “O efeito de estufa é o efeito que faz com que os raios infravermelhos embatam nas nuvens e retornem à Terra, provocando a permanência do calor à superfície terrestre.” (1233, ES)
...à capacidade que a Terra tem de armazená-lo/ retê-lo.	- “ É a capacidade da Terra para absorver a radiação solar, transformá-la em calor e não deixa sair parte desse calor.” (901,EB) -
... à atmosfera.	- “ O efeito de estufa é a capacidade que a atmosfera tem para não deixar passar parte do calor irradiado pelo Sol que chega à Terra.” (906, EB) - “ É a retenção dos raios solares pela atmosfera.” (1236, ES)

Estas concepções alternativas revelam outra característica importante do pensamento dos alunos, em relação ao tipo de radiação envolvido no fenómeno do EE. Esta característica tem a ver com a atribuição do EE apenas à radiação/calor proveniente do Sol, não considerando a

radiação emitida pela superfície terrestre. Não compreendem as trocas de energia que têm lugar entre a atmosfera e o nosso planeta, nem o seu papel na regulação do clima. Para estes alunos, a temperatura e o clima da Terra são exclusivamente regulados pela radiação solar incidente na Terra. Por outro lado, quando se referem a uma camada de gases, demonstram que não têm a noção que estes se encontram uniformemente distribuídos na atmosfera. Esta concepção pode estar relacionada com descrições metafóricas do EE, que figuram em várias fontes de informação, nomeadamente em manuais escolares de Física e Química. Nessas descrições o EE é, frequentemente, apresentado como consistindo numa *estufa* ou num *vidro* à volta da Terra, sendo essas descrições acompanhadas, muitas das vezes, de figuras ilustrativas desta ideia (figura 14). Algumas destas figuras apresentam uma linha definida em redor da Terra, que impede os raios de regressarem ao Espaço (figura 14 C e D) ou mostram mesmo a Terra dentro de uma estufa (figura 14 A)



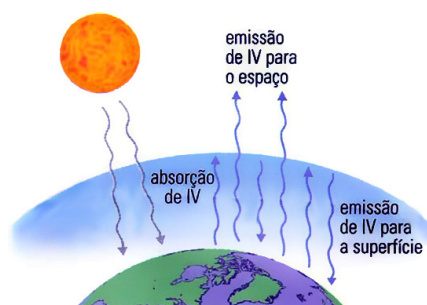
A - Extraído de Roque A. (2007), p. 119.



B - Extraído de Maciel *et al.* (2003), p. 168.



C - Extraído de Silva *et al.* (2007), p. 191.



D - Extraído de Ventura *et al.* (2007), p. 61.

Figura 14: lustrações do fenómeno do efeito de estufa presentes em manuais de Física e Química

Na categoria das respostas que evidenciam confusões conceptuais também se incluíram as respostas que apresentam imprecisões sobre o fenómeno EE e/ou incorrecções de linguagem.

De entre estas, verificou-se que 25,7% dos alunos do grupo EB e 14,0% dos do grupo ES, em vez de descreverem o mecanismo deste fenómeno, o associam apenas ao seu aumento. Assim, identificam-no com o aumento de temperatura ou com o fenómeno do AG. Esta concepção pode estar relacionada com a linguagem cientificamente incorrecta utilizada pela comunicação social nas informações que veicula acerca deste fenómeno. Podemos constatar este facto, por exemplo, pela leitura de títulos de notícias difundidas por um dos grandes jornais nacionais o *Jornal de Notícias*: “Turismo responsável pelo efeito de estufa” e “Bush preocupado com o efeito de estufa”, e pelo serviço público de televisão a RTP, “EUA: Investigadores avisam que o efeito de estufa está a aquecer o país” e “Nações Unidas intensificam luta contra o efeito de estufa”. Tal como ficou demonstrado no segundo capítulo, o problema que causa preocupação não é o EE, mas sim o aumento do EE.

Quatro alunos explicam o EE de uma forma extremamente vaga, fazendo apenas referência a gases, dando respostas do género: “ Penso que são gases”; “São gases emitidos para a atmosfera”. Na nossa opinião, estas explicações pouco elaboradas do mecanismo do EE, utilizando termos ambíguos, reflectem a dificuldade destes alunos em conceptualizar e explicar este fenómeno.

No quadro 4 são apresentadas algumas respostas que ilustram as imprecisões sobre o fenómeno EE e/ou incorrecções de linguagem detectadas nas descrições desse mesmo fenómeno.

Quadro 4: Exemplos de respostas que apresentam imprecisões sobre o fenómeno efeito de estufa e/ou incorrecções de linguagem

Tipos de resposta	Exemplos de resposta
O efeito de estufa provoca o aquecimento do planeta.	- “ Faz com que o planeta aqueça.” (1205, ES) - “ É o efeito provocado pelos raios solares que ficam retidos na Terra, levando ao aquecimento global.” (1209, ES)
O efeito de estufa é o aumento de temperatura do planeta/ aquecimento global.	- “ É o aumento de temperatura devido à poluição que se faz na Terra.” (904,EB) - “ É o aquecimento excessivo do planeta.” (1283, ES)
O efeito de estufa está relacionado com gases.	- “Eu penso que são gases.” (930, EB) - “Os gases (fumos dos carros e fábricas) vão para a atmosfera o que a vai prejudicar.” (1248, ES)

Na análise efectuada das respostas à questão 3, constatou-se, ainda, que a frequência de respostas na categoria “Outras” (tabela 2) é superior no grupo EB. Este resultado deve-se em parte ao facto de terem sido incluídos nesta categoria, para além dos alunos que não responderam, aqueles que elaboraram respostas irrelevantes ou imperceptíveis. Como seria de esperar, este tipo de respostas é mais frequente no grupo EB do que no ES, dado que estes últimos têm uma maior formação no assunto.

A análise das respostas à questão 4, que solicitava aos alunos que explicassem, através de um esquema, a sua ideia acerca do EE, permitiu-nos obter mais dados sobre a consistência das respostas apresentadas para a questão 3.

Da análise dos esquemas produzidos pelos alunos, verificou-se que dos dois alunos que, na questão 3, deram uma definição operacional correcta do EE, nenhum conseguiu fazer um esquema correcto deste fenómeno. Inclusive no esquema elaborado por um deles consta a camada de ozono (quadro 6 – ES 1250).

Dos alunos que deram respostas incompletas, do tipo conceptual, à questão 3, o aluno que mencionou quatro dos cinco aspectos pretendidos, quando lhe foi pedido que fizesse o esquema sobre o EE, apresentou um esquema muito vago e sem legenda (quadro 6 – ES 1274). Dos dois discentes que mencionaram três aspectos, um apresentou um esquema em que os únicos raios representados são os raios UV, indiciando confusão com o problema da camada de ozono (quadro 6 – ES 1243). O outro aluno apresentou um esquema mais completo, mas sem fazer referência à absorção da radiação IV pelos GEE e nem à sua posterior emissão (quadro 6 – ES 1244).

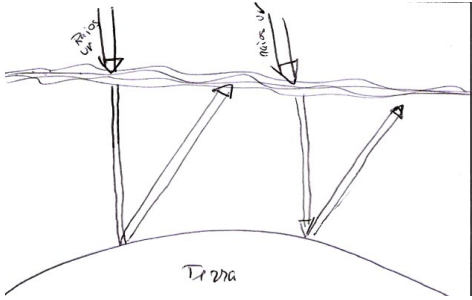
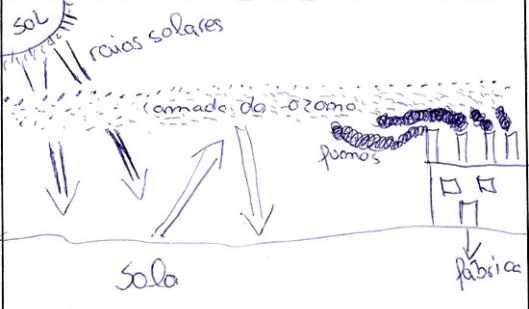
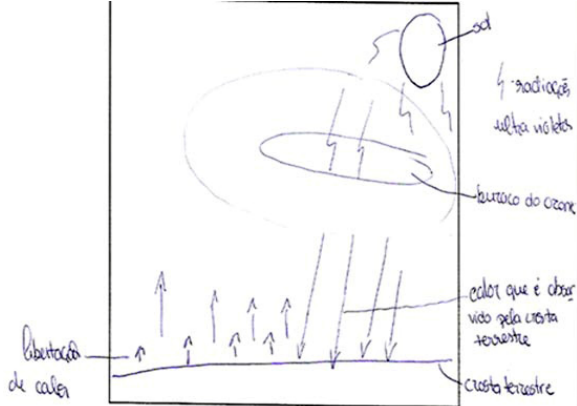
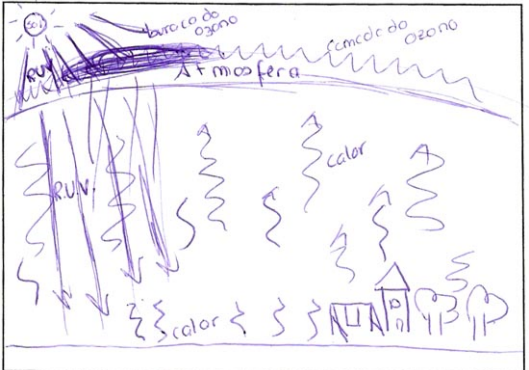
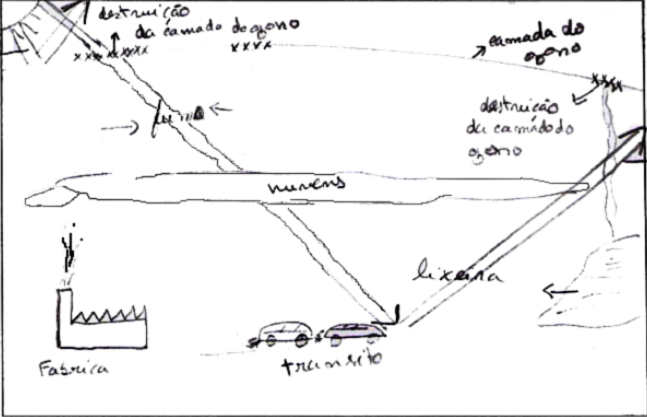
Relativamente às concepções alternativas associadas à confusão entre o EE e o buraco/camada de ozono, verificou-se que, para além dos 35 alunos que, na resposta à questão 3, apresentaram tais concepções, 27 destes também apresentaram no esquema representativo do EE, a camada ou o buraco do ozono, perfazendo, assim, um total de 62 (31,7%), os alunos que associam o EE ao buraco do ozono. Destes, 45 pertencem ao grupo EB e os restantes 17 ao grupo ES. Exemplos ilustrativos dos esquemas produzidos pelos alunos dos grupos EB e ES são apresentados nos quadros 5 e 6, respectivamente.

Estes resultados reforçam a ideia de que os jovens confundem estes dois assuntos complexos, vendo-os como um só. Segundo o estudo realizado por Meadows & Wiesenmayer (1999), cujo objectivo principal era determinar a causa desta concepção, a base racional para esta ideia encontra-se na junção das ideias que relacionam o EE com a camada de ozono, que

se combinam de uma forma lógica devido ao facto dos dois assuntos em causa serem complexos e envolverem conceitos abstractos e comuns.

Quadro 5: Exemplos de esquemas elaborados por alunos do grupo EB que evidenciam confusão entre o efeito de estufa e o buraco/ camada de ozono

Grupo EB 9ºano

 <p style="text-align: center;">(EB 936)</p>	 <p style="text-align: center;">(EB 944)</p>
 <p style="text-align: center;">(EB 959)</p>	 <p style="text-align: center;">(EB 964)</p>
 <p style="text-align: center;">(EB 942)</p>	

Quadro 6: Exemplos de esquemas elaborados por alunos do grupo ES, que evidenciam confusão entre o efeito de estufa e o buraco/camada de ozono

Grupo ES 11º/ 12º ano			
	<p>Legenda:</p> <p>→: efeito de estufa</p> <p>1: barreira "camada de gases potentes"</p> <p>2: gases potentes (estes os CFC's, responsáveis pela destruição do buraco do ozono)</p> <p>3: camada de ozono</p> <p>4: buraco da camada de ozono</p>		<p>(ES 1274)</p>
		<p>(ES 1244)</p>	
		<p>(ES 1211)</p>	
	<p>Quando a emissão de halocarbonos, o buraco na camada de ozono vai aumentando.</p>	<p>(ES 1227)</p>	

A questão 5 refere-se à identificação dos gases envolvidos no EE. Os alunos tiveram de indicar, para cada um de dez gases apresentados, o grau de influência que cada um deles tem no EE. As hipóteses de resposta eram as seguintes: nenhuma, alguma, muita e não sei. Os resultados obtidos são apresentados nos gráficos da figura 15.

Da análise das respostas a esta questão concluiu-se que, depois do dióxido de carbono (98%), os gases indicados pelo maior número de alunos como GEE foram os CFC's (86,6%), o metano (75,9%) e o monóxido de carbono (73,4%) (fig. 15, gráficos 3, 2, 6 e 7, respectivamente). Gases como o ozono troposférico (58,5%), os óxidos de azoto (56,9%) e o vapor de água (40%) foram identificados como GEE por percentagem bastante inferior de alunos (fig. 15, gráficos 5, 8 e 10, respectivamente). Um aluno do grupo ES acrescentou, à lista de gases fornecida, os HFC's, indicando serem gases com muita influência neste fenómeno.

O facto de o dióxido de carbono ter sido identificado por, praticamente, todos os alunos (fig. 15, gráfico 3), como um GEE, não surpreende uma vez que a comunicação social coloca este gás no centro destas problemáticas ambientais. Os CFC's (fig. 15, gráfico 2) foram, provavelmente, mencionados pela sua relação com a camada de ozono e o monóxido de carbono talvez por ser conhecido pela sua elevada toxicidade e por ser um comum poluente emitido pelos veículos. Os resultados obtidos em relação ao metano (fig.15, gráfico 6), ao ozono troposférico (fig. 15, gráfico 5), aos óxidos de azoto (fig. 15, gráfico 8) e ao vapor de água (fig. 15, gráfico 10), em comparação com os de estudos desenvolvidos noutros países (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Dove, 1996), são bastante melhores, dado que as percentagens de alunos que identificaram correctamente estes gases como GEE foram bastantes superiores. Os resultados mais díspares dizem respeito ao vapor de água que, na investigação realizada por Dove (1996), com estudantes universitários ingleses, não foi identificado como GEE por nenhum aluno, e ao ozono troposférico que apenas foi mencionado por cerca de 25% dos alunos como GEE, nos estudos de Boyes & Stanisstreet (1993, 2001).

No que diz respeito ao azoto (fig. 15, gráfico 1), ao hidrogénio (fig. 15, gráfico 4) e ao oxigénio (fig. 15, gráfico 9), apesar de não serem gases com influência no EE, foram identificados como tal por 43,6%, 27,7% e 21,5% do total de alunos, respectivamente. Estes resultados, comparativamente com os obtidos no estudo realizado por Dove (1996), único estudo onde foram mencionados estes gases, revelaram-se bastante piores. No estudo referido, apenas, 14% dos alunos participantes referiram o oxigénio como GEE, 5% fizeram a mesma referência para o azoto e nenhum aluno mencionou o hidrogénio como GEE.

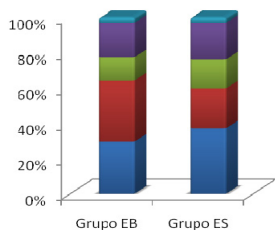


Gráfico 1 - Azoto

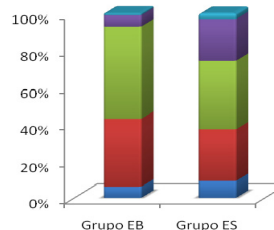


Gráfico 6 - Metano

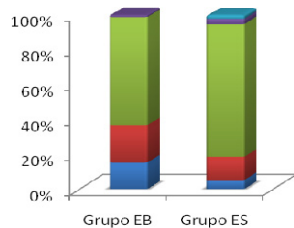


Gráfico 2 - Clorofluorcarbonetos - CFC's

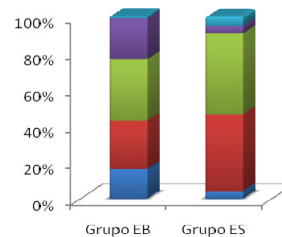


Gráfico 7 - Monóxido de Carbono

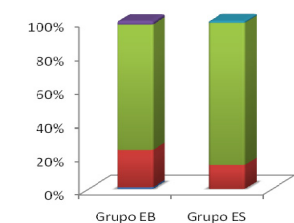


Gráfico 3 - Dióxido de Carbono

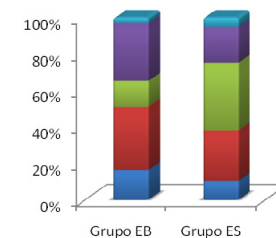


Gráfico 8 - Óxidos de azoto

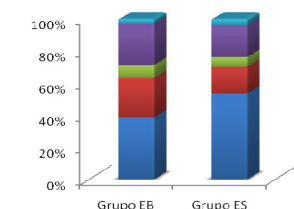


Gráfico 4 - Hidrogénio

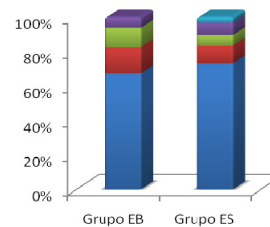


Gráfico 9 - Oxigénio

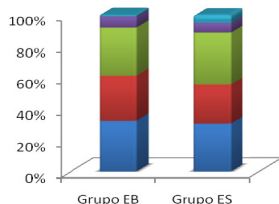


Gráfico 5 - Ozono Troposférico

Gráfico 10 - Vapor de água

Legenda:



Figura 15: Opinião dos alunos sobre a contribuição de cada um dos gases, para o efeito de estufa.

No grupo EB, em relação ao grupo ES, há uma percentagem maior de alunos que refere que os CFC's não têm nenhuma influência no EE: 15,3% e 5,2%, respectivamente. Acontece uma situação semelhante em relação ao monóxido de carbono: 16,3% para o grupo EB e 4,1% para o ES. Relativamente aos óxidos de azoto, 16 alunos não lhes atribuem qualquer influência no EE e 31 alunos respondem *Não sei*, isto no grupo EB. No grupo ES, os resultados são mais satisfatórios: apenas dez alunos respondem *Nenhuma* e 19 alunos respondem *Não sei*. Estes resultados atestam, como seria de esperar, um maior domínio dos conhecimentos, acerca dos GEE, por parte dos alunos do grupo ES.

Ao analisar as respostas relativas ao gás metano e ao vapor de água, constatou-se que os alunos do grupo EB apresentam uma maior percentagem conhecimentos cientificamente aceites. De facto, no caso do metano (fig. 15, gráfico 6), mais de três quartos dos alunos do grupo EB (86,7%) o identificaram correctamente como GEE. No grupo ES, apenas 64,3% dos alunos o fizeram. Neste grupo, cerca de 22,7% dos alunos responderam *Não sei*, enquanto que no grupo EB, apenas 6,1% o fizeram. Uma possível explicação para um maior número de alunos do grupo EB ter identificado o metano como GEE, pode ter a ver com a falta de conhecimentos acerca deste gás. O facto de não o reconhecerem como sendo algo bom, pode tê-los levado a pensar que se trata de um gás prejudicial.

Em relação ao vapor de água (fig. 15, gráfico 10), 44,9% dos alunos do grupo EB referiram incorrectamente que este gás não tem nenhuma influência no EE, apenas 2% responderam *Não sei* e nenhum aluno deste grupo deixou a resposta em branco. Por seu turno, 59,8% dos alunos do grupo ES referiram que este gás não tem nenhuma influência no EE, 9,3% responderam *Não sei* e 4,3 % não responderam. O facto de um grande número de alunos, de ambos os grupos, não associar o vapor de água ao EE, pode dever-se à associação da água a algo bom, essencial à vida, logo, na mente dos alunos desta não poderia resultar mal algum. Esta visão pode estar relacionada com o modo como nas OCCFN a questão da água como recurso do planeta é abordada. Assim, pode ler-se no tema *Gestão Sustentável dos Recursos*: “É importante realçar a importância da água na alimentação, na higiene, na produção de energia, na agricultura, na indústria...” (DEB, 2001b, p. 28).

Da análise das respostas referentes ao azoto (fig. 15, gráfico 1) e ao hidrogénio (fig.15, gráfico 4), os resultados voltam a demonstrar um maior domínio dos conhecimentos acerca dos GEE, por parte dos alunos do grupo ES, como seria de esperar. Nas respostas referentes ao

dióxido de carbono, ao ozono e ao oxigénio verificaram-se resultados semelhantes, nos dois grupos.

Quanto ao grau de influência de cada um dos gases no EE: o CO₂ foi identificado por 79,5% dos alunos como um gás com muita influência neste fenómeno (EB: 37,4%; ES: 42,1%); os CFC's por cerca de 69% (EB: 31,1%; ES: 37,9%) e o metano por 43,6% (EB: 25,1%; ES: 18,5%).

O monóxido de carbono, sendo um gás que tem influência indirecta no fenómeno EE, foi indicado por 39% da totalidade dos alunos, como tendo *muita influência* e por 34,4% como tendo *alguma influência*. Cerca de 10,3% dos alunos não o identificaram como um GEE, 13,3% responderam *Não sei* e 3,1% não responderam. Nesta questão o grupo de alunos com um maior nível de escolaridade (ES) demonstrou possuir mais conhecimentos sobre a influência deste gás no EE, relativamente ao grupo de alunos do ensino básico (EB).

A questão 6 refere-se ainda aos conhecimentos acerca do fenómeno do EE e está dividida em três partes (6.1, 6.2 e 6.3). Em cada uma delas solicita-se a opinião dos alunos em relação a três afirmações, com pedido de justificação. São apresentadas aos alunos três hipóteses de resposta: *Concordo*, *Discordo* e *Não Sei*. Na categoria das respostas, o critério que prevaleceu foi a justificação apresentada em vez da concordância/discordância em relação à afirmação, por se considerar que esta só por si, dava informação pouco fiável. Nas três subquestões da questão 6, na categoria Outras, incluíram-se, para além de todas as respostas em branco, das “não sei” e das irrelevantes, as que não apresentavam justificação.

Na questão 6.1., solicita-se a opinião dos alunos sobre a seguinte afirmação: “A diminuição da camada de ozono tem contribuído para o aumento do EE”, pretendendo-se identificar os alunos que estabelecem uma relação causal entre estes dois fenómenos. Na tabela 3 apresenta-se a distribuição das respostas dos alunos a esta questão.

Da análise efectuada às respostas a esta questão (6.1), verificou-se que dos 14 alunos (7,2%) que, correctamente, discordaram desta afirmação (pertencendo sete a cada um dos grupos), apenas três, do grupo ES, apresentaram uma justificação válida, embora bastante incompleta (tabela 3). Estes alunos apenas referiram que o EE e a camada de ozono são problemas distintos, não havendo relação entre eles, ou seja, mencionaram um dos aspectos que a resposta deveria incluir para ser considerada *resposta cientificamente aceite* (anexo III). Dos restantes 11 alunos que, correctamente, discordaram da afirmação, três não justificaram a resposta, quatro apresentaram respostas irrelevantes e outros quatro apresentaram respostas

que evidenciavam a ideia de que o EE está relacionado com o problema da camada de ozono, pelo que foram juntos aos alunos que concordaram com a afirmação e que, simultaneamente, evidenciaram concepções alternativas.

Tabela 3: Distribuição das respostas dos alunos sobre se “A diminuição da camada de ozono tem contribuído para o aumento do efeito de estufa”

(N= 195)

Tipos de resposta		Grupos			
		EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)	
		f	%	f	%
<i>Cientificamente aceites</i>		-	-	-	-
<i>Incompletas</i>		-	-	3	3,1
<i>Evidenciando concepções alternativas</i>		64	65,3	75	77,3
<i>Outras</i>	<i>Não sei</i>	20	20,4	7	7,2
	<i>Não apresenta justificação</i>	5	5,1	4	4,1
	<i>Respostas irrelevantes</i>	9	9,2	8	8,3
	<i>Não responde</i>	-	-	-	-

Desta análise, verificou-se ainda que a estes quatro alunos se juntam 61 do grupo EB, que concordaram com a afirmação, e 74 do grupo ES, num total de 69,2%, por também apresentarem concepções alternativas muito semelhantes às já identificadas nas questões 3 e 4, associadas à relação causal entre a diminuição da camada de ozono e o aumento do EE. Este valor superou bastante os resultados obtidos na análise das respostas às questões 3 e 4, que nos haviam levado a concluir que 31,7% dos alunos confundiam estes dois problemas ambientais. Estes resultados devem-se possivelmente, como já foi anteriormente referido, ao facto de serem dois assuntos complexos, que envolvem conceitos abstractos, sendo alguns deles comuns a ambos, e ao facto de serem dois problemas muito falados na comunicação social, nem sempre em termos cientificamente correctos. Estas duas razões levam a que os jovens estabeleçam uma combinação lógica das ideias que relacionam estes dois problemas ambientais, interligando as suas causas e possíveis consequências.

O facto de 54 alunos, do grupo ES, e de 27 alunos, do grupo EB, que não tinham apresentado esta ideia nas questões 3 e 4, a terem referido na resposta a esta questão, demonstra que as explicações dos alunos dependem, pelo menos em parte, do modo como os

problemas são apresentados. Assim, a confusão entre os dois fenómenos pode ser mais extensa do que as perguntas 3 e 4 poderiam sugerir.

Na maioria das respostas (EB: 46,9%; ES: 67%), os alunos apresentam a ideia de que, com a diminuição da camada de ozono, há mais radiação UV que chega à Terra, aumentando o EE e, conseqüentemente, as temperaturas no planeta. Sete alunos, do grupo EB, respondem simplesmente, sem acrescentar explicações, que o EE é a causa da diminuição da camada de ozono, cinco alunos do grupo EB e nove do grupo ES disseram que a camada de ozono protege o planeta dos raios solares, logo a sua destruição deixa entrar mais raios e aquece o planeta, e apenas três alunos do grupo ES deram respostas mais vagas, nas quais se limitaram a referir os raios UV, o que denota uma associação entre os dois fenómenos em causa.

No quadro 7 apresentam-se exemplos de respostas ilustrativas das concepções alternativas identificadas na análise das respostas dadas a esta questão, muito semelhantes às encontradas nas questões 3 e 4.

Quadro 7: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à relação causal entre a diminuição da camada de ozono e o aumento do efeito de estufa

Concepções alternativas	Exemplos de resposta
Com a diminuição da camada de ozono, há mais radiação UV que chega à Terra, aumentando o efeito de estufa e conseqüentemente as temperaturas no planeta.	-“ Concordo porque a camada de ozono é que nos protege da radiação solar nociva, e quanto menor e mais frágil esta for, o número de radiação UV que passa por ela é maior, aumentando o efeito de estufa” (933, EB) - “ Concordo pois com a diminuição da camada de ozono, há uma menor protecção das radiações e, por sua vez, um aumento do aquecimento terrestre e um aumento do efeito de estufa.” (1256, ES)
O aumento do efeito de estufa é a causa da diminuição da camada de ozono.	- “Concordo. Com o aumento do efeito de estufa a camada de ozono fica destruída.” (986, EB) - “ Concordo. Porque o aumento do efeito de estufa destrói a camada de ozono.” (997, EB)
A camada de ozono protege o planeta dos raios solares, logo a sua destruição deixa entrar mais raios.	- “Concordo pois a camada de ozono protege-nos dos raios solares e com a sua diminuição reduz a sua protecção.” (977, EB) - “Concordo. As radiações não são filtradas logo, a temperatura do planeta aumenta.” (1262, ES)

Na questão 6.2., pedia-se a opinião dos alunos sobre a seguinte afirmação: “Se não houvesse EE, nenhum de nós existiria”. Pretendia-se identificar os alunos que reconhecem o EE como um fenómeno natural e essencial para a existência de vida na Terra, pelo facto de ser o responsável por manter a superfície da Terra com uma temperatura média constante. Na análise efectuada verificou-se que nenhum aluno apresentou uma resposta cientificamente aceite, tendo em conta os aspectos constantes no anexo III. No entanto, 51 alunos do grupo EB (52%) e 62 do

grupo ES (63,3%) responderam de forma incompleta (tabela 4). Apenas quatro alunos mencionaram dois dos três aspectos que a resposta deveria incluir para ser considerada como “cientificamente aceite”. Destes, três pertencem ao grupo EB e, nas suas respostas, referiram que o EE é responsável por manter a superfície da Terra com uma temperatura média constante e que, se não houvesse este efeito, a temperatura média da superfície terrestre seria muito mais baixa do que é hoje. O outro discente, que pertence ao grupo ES, revelou, através da resposta que apresentou, conhecer que o EE é um processo natural, necessário para a existência dos seres vivos e que tem a função de manter a temperatura média da Terra constante. Dos alunos que mencionaram apenas um dos aspectos, um aluno, do grupo EB, respondeu que o EE é um processo natural e necessário para a existência dos seres vivos, e dez, do grupo EB (10,2%), e 25, do grupo ES (25,8%), responderam que o EE é responsável por manter a superfície da Terra com uma temperatura média constante. Mais de um terço dos alunos (37,9%), 38 do grupo EB e 36 do grupo ES, afirmam que, se não houvesse EE, a temperatura média da superfície terrestre seria muito mais baixa do que é hoje.

Tabela 4: Distribuição das respostas dos alunos sobre “Se não houvesse efeito de estufa, nenhum de nós existiria”

(N= 195)

Tipos de resposta	Grupos				
	EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)		
	f	%	f	%	
<i>Cientificamente aceites</i>	-	-	-	-	
<i>Incompletas</i>	51	52,0	62	63,9	
<i>Evidenciando confusões conceptuais</i>	16	16,3	11	11,3	
<i>Outras</i>	<i>Não sei</i>	17	17,4	13	13,4
	<i>Não apresenta justificação</i>	3	3,1	6	6,2
	<i>Respostas irrelevantes</i>	11	11,2	4	4,2
	<i>Não responde</i>	-	-	1	1,0

Na análise efectuada conclui-se, ainda, que, para alguns alunos, o EE é um fenómeno que só prejudica, não tendo nada de benéfico para o planeta. Assim, esta ideia foi detectada em cinco alunos do grupo EB e em nove alunos do grupo ES. Para seis alunos do grupo EB, a existência, ou não, do EE é indiferente para a vida na Terra. Esta última ideia não foi apresentada por nenhum alunos do grupo ES. Das respostas apresentadas pode-se inferir que

estes alunos entendem o EE exclusivamente como um problema ambiental, ignorando o facto de ser, também, fruto de um fenómeno natural

No grupo EB, três alunos concordaram erradamente com a afirmação e justificaram a sua opção dizendo que o EE nos dá o oxigénio/ar, necessário à vida. Quatro alunos, dois de cada um dos grupos, concordaram, correctamente, com a afirmação, contudo apresentaram uma justificação cientificamente errada. Estes mencionaram que, se o EE não existisse, a temperatura seria muito elevada, mostrando que atribuem ao fenómeno do EE a função de diminuir a temperatura da Terra.

No quadro 8 apresentam-se exemplos de respostas ilustrativas destas ideias.

Quadro 8: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas relativas ao efeito de estufa como fenómeno natural, essencial para a existência de vida na Terra

Concepções alternativas	Exemplos de resposta
O efeito de estufa é apenas um problema ambiental.	- "Discordo. Porque o efeito de estufa só prejudica." (918, EB) - " Discordo. Porque senão houvesse efeito de estufa não haveria tantas zonas destruídas e a qualidade de vida onde o efeito de estufa ocorre com maior frequência seria muito melhor." (1225, ES).
O efeito de estufa fornece-nos o oxigénio/ar, necessário à vida.	- "Concordo. Porque se não houvesse efeito de estufa não havia ar para respirarmos." (983, EB). - " Concordo. Porque não havia oxigénio."
Se o efeito de estufa não existisse a temperatura era muito elevada.	- "Concordo. Porque se não houvesse efeito de estufa as temperaturas seriam muito elevadas e ninguém conseguiria viver na Terra." (943, EB). - " Concordo. Na verdade, se não houvesse efeito de estufa morreríamos <i>assados</i> ." (1268, ES).

Na questão 6.3., solicitava-se a opinião dos alunos relativa à seguinte afirmação: "Se o efeito de estufa aumentar, a temperatura da Terra também aumenta". Pretendia-se averiguar se os alunos relacionam o aumento do EE com o fenómeno do AG. Na tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos com esta questão.

O número de respostas cientificamente aceites demonstrou que mais de um quarto dos alunos (29,7%) reconhece que o aumento do EE é a causa do aquecimento do planeta, mostrando que relacionam bem estes dois problemas ambientais.

Tabela 5: Distribuição das respostas dos alunos sobre “Se o efeito de estufa aumentar, a temperatura da Terra também aumenta”

(N= 195)

Tipos de resposta	Grupos				
	EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)		
	f	%	f	%	
<i>Cientificamente aceites</i>	23	23,5	35	36,1	
<i>Incompletas</i>	-	-	-	-	
<i>Evidenciando confusões conceptuais</i>	30	30,7	37	38,1	
<i>Outras</i>	<i>Não sei</i>	15	15,3	3	3,1
	<i>Não apresenta justificação</i>	13	13,2	11	11,3
	<i>Respostas irrelevantes</i>	16	16,3	9	9,3
	<i>Não responde</i>	1	1,0	2	2,1

Contudo, cerca de 34,4% dos discentes apresentam respostas que evidenciam confusões conceptuais. Nesta categoria, a concepção alternativa, “A diminuição da camada de ozono está relacionada com o aumento do efeito de estufa e, conseqüentemente, com o aumento da temperatura do planeta” foi detectada em nove alunos do grupo EB e em oito do grupo ES. No quadro 9 apresentam-se exemplos de respostas que parecem ter subjacente esta concepção alternativa.

Quadro 9: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas “A diminuição da camada de ozono está relacionada com o aumento do efeito de estufa e, conseqüentemente, com o aumento da temperatura do planeta” e “Com o aumento do efeito de estufa incidem na Terra mais raios solares, logo há um aumento da temperatura”.

Concepção alternativa	Exemplos de resposta
“A diminuição da camada de ozono está relacionada com o aumento do efeito de estufa e, conseqüentemente, com o aumento da temperatura do planeta.”	-“Concordo. Pois se passam mais raios UV o efeito de estufa vais aumentar, logo se vai aumentar a temperatura também sobe.” (978, EB) - “Concordo. Porque se o efeito de estufa aumentar irá também aumentar a diminuição da camada de ozono, logo irá ser mais fácil a penetração de raios UV, a luz e o calor do Sol no planeta Terra, acabando por os raios UV causarem várias doenças de pele, um aumento da temperatura que acabará por pôr o ecossistema em desequilíbrio.” (1246, ES)
“Com o aumento do efeito de estufa incidem na Terra mais raios solares, logo há um aumento da temperatura.”	-“Concordo. Porque a Terra é “invadida” por uma maior quantidade de raios solares” (928, EB) - “Concordo. Se o efeito de estufa aumenta, quer dizer que a radiação que atinge a Terra aumenta, logo a temperatura vai aumentar.” (1257, ES)

A ideia de que, com o aumento do EE, incidem na Terra mais raios solares, o que levaria a um aumento da temperatura, é apresentada por oito alunos do grupo EB e por 17 do grupo ES. No quadro 9 apresentam-se exemplos de respostas representativas desta concepção alternativa.

Dois alunos do grupo EB relacionam o EE com a protecção do planeta, referindo que o aumento deste fenómeno provoca o aumento da temperatura porque há menos protecção. Sete alunos do grupo EB e 11 alunos do grupo ES referem que basta o EE para provocar o aumento da temperatura do planeta, não sendo necessário o aumento deste fenómeno, para que a temperatura aumente. Estas respostas denunciam o desconhecimento, por parte destes alunos, da essência deste fenómeno: manter a superfície da Terra com uma temperatura média constante. Contrariamente, cinco alunos, quatro do grupo EB e um do grupo ES, discordam da afirmação, dizendo que o aumento do EE provoca a diminuição da temperatura do planeta. Relativamente a esta última ideia, uma das possíveis explicações, será a de que os alunos pensam que EE está associado a uma protecção do planeta Terra que, por analogia com uma estufa, impede os raios de entrar na atmosfera terrestre.

4.3 - Concepções dos alunos sobre o Aquecimento Global

As questões 7 e 8 dizem respeito ao fenómeno do AG. Na questão 7 solicita-se uma definição do fenómeno e na questão 8, que se divide em três partes, pede-se ao aluno, que exprima a sua opinião relativamente a possíveis causas (8.1), consequências (8.2) e formas de minimizar o AG (8.3).

A análise das respostas à questão 7 permitiu constatar que, apenas, três alunos do grupo ES apresentaram correctamente uma definição, do tipo conceptual, do AG (tabela 6). Nenhum aluno apresentou uma definição completa, do tipo operacional.

Um número considerável de alunos (EB: 14,3%; ES: 21,6%) definiu o aquecimento global da seguinte forma: “O aquecimento global é o aumento da temperatura média da Terra”. Dado que estes alunos não especificaram que o aumento de temperatura é gradual, as suas respostas foram consideradas incompletas. Quase metade dos alunos, de ambos os grupos (EB: 45,9%; ES: 41,2%), apresentou uma definição do seguinte tipo: “O aquecimento global é o aumento da temperatura da Terra.”. Neste caso, por não terem feito referência nem à temperatura média nem a um aumento gradual, as suas respostas também foram consideradas incompletas. A ausência da palavra “gradual” na maioria das respostas poderá estar relacionada com o facto de

ser difícil de compreender, por parte dos alunos, que um aumento mínimo e gradativo da temperatura possa constituir um problema ambiental, a uma escala global.

Tabela 6: Distribuição das respostas dos alunos sobre o conceito de aquecimento global (N= 195)

Tipo de resposta		Grupos			
		EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)	
		f	%	f	%
<i>Definições completas do fenómeno</i>	<i>Conceptual</i>	-	-	3	3,2
	<i>Operacional</i>	-	-	-	-
<i>Definições incompletas</i>	<i>Conceptual</i>	59	60,2	61	62,9
	<i>Operacional</i>	10	10,2	11	11,3
<i>Evidenciando confusões conceptuais</i>		13	13,3	11	11,3
<i>Outras</i>		16	16,3	11	11,3

Relativamente às definições incompletas, do tipo operacional, foram divididas em duas categorias, tendo em conta os aspectos em que assenta a definição, designadamente, em função das causas e em função das consequências. Definições centradas nas causas foram apresentadas por nove alunos, do grupo EB, e por dez alunos, do grupo ES. Um aluno, de cada um dos grupos, mencionou, correctamente, que o AG é devido à acção do Homem. Os restantes referiram que se deve ao aumento do EE, demonstrando relacionar devidamente estes dois fenómenos ambientais.

Apenas dois alunos, um de cada grupo, definiram o AG em função das suas consequências. Contudo, fizeram-no de uma forma muito incompleta. O aluno do grupo EB mencionou duas consequências: o degelo das calotes polares e o aumento do nível médio da água do mar. O aluno do grupo ES referiu apenas uma: o degelo das calotes polares. Os alunos referiram o degelo das calotes polares, provavelmente, por esta ser uma das consequências do AG mais faladas na televisão e em outros órgãos de comunicação social. A indicação do aumento do nível médio da água do mar pode dever-se ao que os alunos ouvem dizer acerca deste fenómeno, uma vez que a amostra participante neste estudo, reside no litoral, próxima do mar.

A partir dos exemplos de respostas apresentados no quadro 10 verifica-se que há alunos que relacionam, indevidamente, o AG com a camada de ozono. Este relacionamento incorrecto com a camada de ozono foi já detectado nas questões 3, 6.1 e 6.3, embora em relação ao EE. De facto, cinco alunos do grupo EB e dez alunos do grupo ES apresentam respostas que

evidenciam a concepção alternativa “A destruição da camada de ozono leva ao aumento da temperatura. “. Três alunos do grupo EB, ao referirem que o AG se deve à retenção dos raios UV, demonstram que também confundem o problema do AG com o da camada de ozono. Contudo, os resultados referentes a estas concepções alternativas revelaram-se, nesta questão, bastante melhores quando comparados com os obtidos num estudo realizado com alunos americanos (Rye *et al.*, 1997), no qual 54% dos inquiridos apresentaram as concepções supramencionadas. Segundo os autores deste estudo, e como referido no capítulo II, a existência destas ideias pode derivar da abordagem simultânea dos dois problemas ambientais, feita, nomeadamente, pelos professores, sem uma adequada comparação e distinção destes fenómenos, que se explicam recorrendo aos mesmos conceitos. Segundo o estudo realizado por Francis *et al* (1993) com alunos ingleses, de idades inferiores às dos que participaram nesta investigação e embora sem indicarem valores percentuais, estas concepções não são ideias pontuais, mas antes ideias características e comuns a muitas crianças. A explicação sugerida pelos autores para este facto é semelhante à referida na secção 4.2, no que toca ao EE.

Quadro 10: Exemplos de respostas que evidenciam as concepções alternativas associadas à confusão entre o aquecimento global e o buraco/camada de ozono

Concepção alternativa	Exemplos de resposta
“A destruição da camada de ozono leva ao aumento da temperatura.”	<p>- “Para mim, o aquecimento global é um mal muito vivido hoje em dia, visto que os países industrializados emitem muitos poluentes para a atmosfera que destroem a camada do ozono, aumentando a probabilidade de os raios solares atingirem a superfície terrestre, aumentando a temperatura global do planeta.” (957, EB)</p> <p>- “ O aquecimento global, diz respeito ao aumento de temperatura e com a destruição da camada do ozono ainda aumenta mais.” (1247, ES)</p>
“O aquecimento global deve-se à retenção dos raios UV.”	<p>- “ A atmosfera que nos protege dos raios solares, ao ser destruída protege-nos menos dos raios UV, deixando passar cada vez mais raios solares e levando ao aumento da temperatura” (975, EB)</p> <p>- “ É a retenção dos raios ultravioleta, na atmosfera, o que provoca o aquecimento global.” (947, EB)</p>

Na análise das respostas à questão 7, identificaram-se outras respostas que evidenciam confusões conceptuais. Um aluno do grupo ES referiu que “o aquecimento global é o degelo dos pólos”, podendo esta resposta demonstrar que o aluno confunde o fenómeno com uma das suas consequências ou, simplesmente, evidenciar incorrecções em termos de linguagem. No grupo EB, dois alunos, ao apresentarem uma resposta do tipo “o aquecimento global é o aquecimento da temperatura”, revelam não dominar convenientemente os conceitos de temperatura e calor.

Um aluno atribuiu ao AG a função de aquecer a Terra, quando apresenta esta resposta: “É o que o planeta pode fazer para se aquecer”. Esta ideia pode estar relacionada com o facto de o aluno estar a confundir o AG com a função que o EE, como fenómeno natural, essencial à vida na Terra, tem, de manter a temperatura média da superfície terrestre mais elevada.

Os resultados da análise das respostas dadas à questão 7 sugerem que a maioria dos alunos associam, correctamente, o AG a um aumento de temperatura na Terra. Contudo, a maioria não identifica se o aumento é lento ou se se processa de forma brusca. Neste ponto, não há diferença relevante entre os dois grupos de alunos, em análise. Acresce que se voltou a identificar, ainda que em menor percentagem, e agora em relação ao AG, a confusão com o problema da camada de ozono.

A questão 8 também se refere aos conhecimentos sobre o fenómeno do AG e está dividida em três partes (8.1, 8.2 e 8.3). Em cada uma destas, solicita-se a opinião dos alunos acerca das possíveis causas, consequências e formas de minimizar este problema. São apresentadas aos alunos cinco hipóteses de resposta: *tenho a certeza que está errado, penso que está errado, penso que está correcto, tenho a certeza que está correcto e não sei*. Na análise a seguir efectuada, as percentagens apresentadas resultam da combinação das respostas “penso que está correcto” e “tenho a certeza que está correcto”, ou seja, são percentagens de alunos que concordaram com cada uma das frases. Estas percentagens são apresentadas nos gráficos das figuras 17, 18, 19, 20 e 21.

Na questão 8.1, solicita-se a opinião dos alunos quanto às reais e possíveis causas do AG. São-lhes apresentadas treze possíveis causas, das quais sete são consideradas cientificamente aceites (anexo III). Nos gráficos das figuras 16 e 17 apresentam-se os resultados obtidos no que toca às opções cientificamente aceites (figura 16) e às opções cientificamente não aceites e que revelam concepções alternativas (figura 17), sobre as causas do AG.

A grande maioria dos alunos, de ambos os grupos (EB: 87,8%; ES: 89,7%), sabe que o dióxido de carbono é um gás que contribui para o problema do AG (fig. 16, gráfico 1) e mais de 90% do total dos alunos considera o aumento do EE como causa deste fenómeno (fig. 16, gráfico 2).

A maioria dos alunos do grupo EB (81,6%) e do grupo ES (93,8%) afirma que os CFC's contribuem para o AG (fig. 16, gráfico 3). Estes resultados são semelhantes aos obtidos noutros estudos realizados com alunos estrangeiros (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Groves & Pugh, 1999; Jeffries *et al.*, 2001) e, apesar de ser uma concepção cientificamente correcta, os

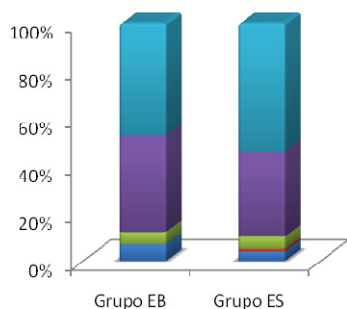


Gráfico 1 - Elevada concentração de CO₂ na atmosfera

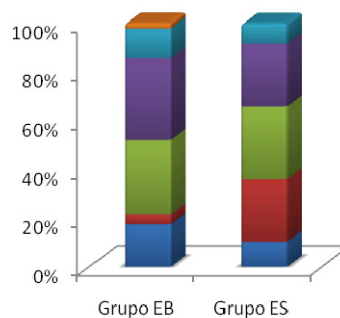


Gráfico 5 - Elevada concentração de O₂ perto da superfície terrestre

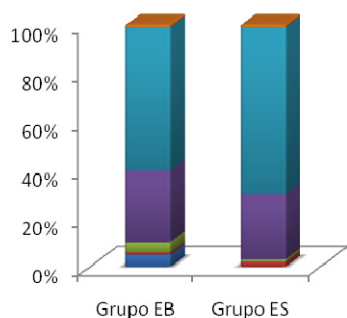


Gráfico 2 - Aumento do efeito de estufa

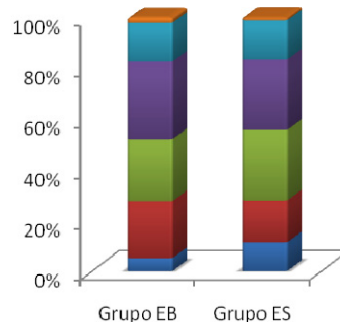


Gráfico 6 - Decomposição de resíduos orgânicos

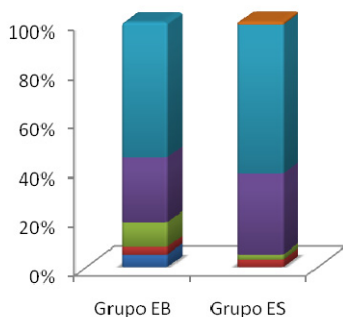


Gráfico 3 - Gases CFC's dos sprays

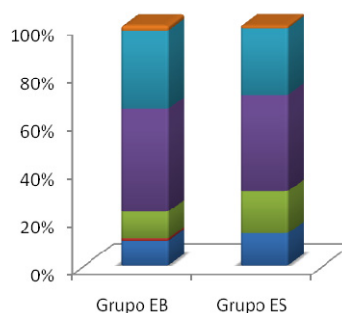


Gráfico 7 - Gases que provêm dos fertilizantes artificiais

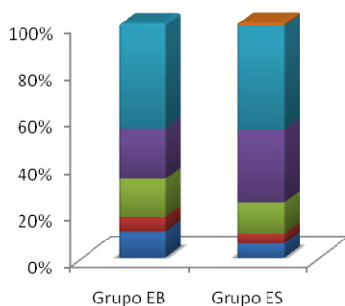


Gráfico 4 - Os raios solares não poderem escapar para o espaço.

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura 16: Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites sobre as causas do aquecimento global.

autores referem que esta surge, não porque os alunos possuam o conhecimento cientificamente aceite de que os CFC's são gases que provocam o AG, mas sim devido à relação incorrecta que estabelecem entre o aumento do buraco na camada de ozono e o AG/EE, discutida anteriormente.

Quase três quartos da globalidade dos discentes (71,8%) pensam, de forma correcta, que o gás proveniente dos fertilizantes artificiais (contendo óxidos de azoto) contribui para o AG (fig. 16, gráfico 7) e uma percentagem ligeiramente inferior (66,7%) faz esta afirmação para o gás resultante da decomposição dos resíduos orgânicos, o metano (fig. 16, gráfico 6). Comparando estes resultados com os obtidos na questão 5, na qual os alunos tinham de identificar os GEE, verificou-se que, em relação aos óxidos de azoto, a percentagem de alunos que, naquele caso, os identificou como tal, foi de 56,9%, ou seja, foi inferior à que se obteve na questão em análise. A percentagem inferior de respostas correctas, obtida na questão 5, pode explicar-se pelo facto de os alunos não identificarem os óxidos de azoto como os gases provenientes dos fertilizantes artificiais e de, por conseguinte, não os identificarem como GEE. Por outro lado, o aumento da percentagem de alunos que correctamente identificaram o gás proveniente dos fertilizantes artificiais como causa do AG pode ter a ver com a correspondência efectuada entre os fertilizantes artificiais e uma fonte de poluição.

Em relação ao metano, verifica-se a situação inversa. Cerca de 75,9% dos alunos reconheceram, na questão 5, este gás como GEE, mas apenas 66,7% identificaram o gás resultante da decomposição dos resíduos orgânicos como causa do AG (questão 8.1). Desta análise, pode-se concluir que uma percentagem de alunos desconhece que o gás resultante da decomposição dos resíduos orgânicos é o metano e que por essa razão, provavelmente, não o assinalaram como causa do AG.

Cerca de 40 % da globalidade dos alunos (EB: 45,9%; ES: 34,1%) consideraram que o ozono troposférico contribui para o AG (fig. 16, gráfico 5). Apesar de não ser fácil para os estudantes entender que a substância ozono é “benéfica” na estratosfera, mas que na troposfera é prejudicial, este resultado superou pela positiva os obtidos em estudos semelhantes (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Jeffries *et al.*, 2001), envolvendo alunos estrangeiros, com idades semelhantes, ou até superiores, às dos alunos participantes nesta investigação. Em relação às afirmações associadas às causas cientificamente incorrectas (figura 17), verificou-se que percentagens elevadas de alunos associaram formas de poluição específicas com o AG. Entre elas contam-se o lixo (EB: 67,4%; ES: 59, 8%), a poluição das águas dos mares e dos rios

(EB: 39,8%; ES: 29,9%) e os desperdícios das centrais nucleares (EB: 74,5%; ES: 58,8%), dados referentes aos gráficos 2, 4 e 5 da figura 17.

Cerca de 41% da totalidade dos alunos estabeleceu uma relação errada entre as chuvas ácidas e o AG, o que se considera ser mais uma evidência da existência de uma estrutura lógica criada na mente das crianças que relaciona entre si todos os problemas ambientais.

Apesar de muitos alunos (EB: 66,3%; ES: 75,3%) terem assinalado correctamente a simples afirmação que o AG ocorre devido ao raios solares não poderem escapar para o espaço (fig.16, gráfico 4), percentagens semelhantes (EB: 77,6%; ES: 63,9%) de alunos afirmou erradamente que se deve ao elevado número de raios de Sol que chegam à Terra (fig.17, gráfico 1). Esta última concepção alternativa pode estar relacionada com a errada relação entre o AG e o buraco na camada de ozono, verificada e discutida anteriormente aquando da análise das respostas à questão 7. No entanto, na questão agora em análise, a percentagem de alunos que referiu que o buraco na camada de ozono é uma das causas do AG subiu para 88,2% da globalidade dos alunos (fig. 17, gráfico 6). Para este resultado contribuiu uma percentagem ligeiramente superior de alunos do grupo ES, dos quais, apenas cinco discordaram daquela afirmação, verificando-se, assim, a persistência desta concepção com a escolaridade.

Em relação aos resultados obtidos em outros estudos semelhantes (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997,2001; Groves & Pugh, 1999 e Jeffries *et al.*, 2001), verificou-se que, apesar das concepções alternativas, referentes às causas do AG, reveladas pelos alunos portugueses serem as mesmas que foram identificadas em alunos estrangeiros, elas apresentam em alguns casos, uma prevalência maior entre os alunos portugueses do que entre estudantes de outras nacionalidades.

Na questão 8.2, pretendia-se obter a opinião dos alunos acerca das reais e possíveis consequências do AG. Foram-lhes apresentadas doze possíveis consequências, cinco das quais são consideradas cientificamente aceites. Dos gráficos das figuras 18 e 19 constam os resultados obtidos quanto às opções cientificamente aceites (figura 18) e às opções, cientificamente não aceites e que revelam concepções alternativas (figura 19), sobre as consequências do AG.

A maioria dos alunos e principalmente os do grupo ES, reconhecem o degelo dos pólos (EB: 90,81%; ES: 96,9%) e as alterações dos padrões do clima do planeta (EB: 82,7%; ES: 94,8%) como consequências do aumento do AG (fig.18, gráficos 5 e 4). Estes resultados estão

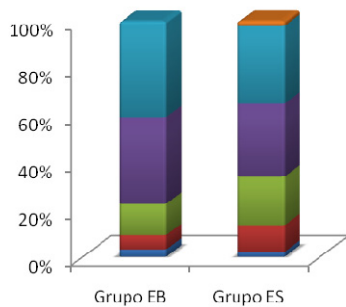


Gráfico 1 - Elevado número de raios de Sol que chegam à Terra

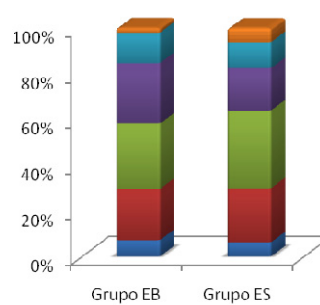


Gráfico 4 - Poluição das águas do mar e dos rios

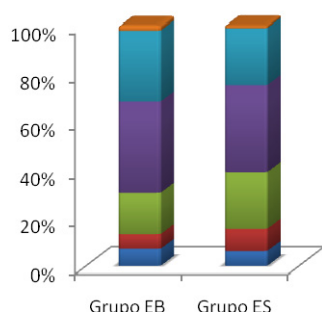


Gráfico 2 - Aumento da quantidade de lixo

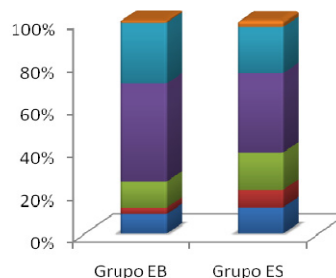


Gráfico 5 - Desperdícios radioactivos das centrais nucleares

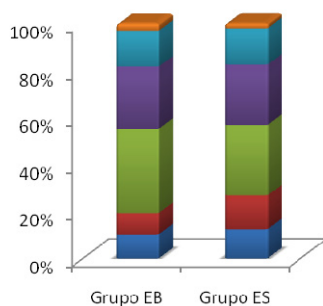


Gráfico 3 - Chuva ácida

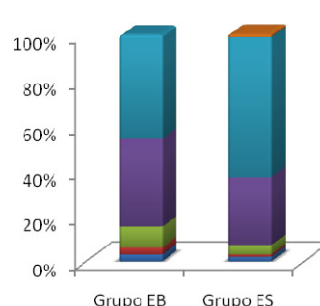


Gráfico 6 - Buraco na camada de ozono

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura 17: Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as causas do aquecimento global

de acordo com os que se esperavam obter, uma vez que estas duas consequências são as mais comentadas nos meios de comunicação social.

O aumento do número de desertos é tido como uma consequência do AG (fig.18, gráfico 6), por mais de dois terços dos alunos (EB: 83,7%; ES: 75,3%). Cerca de 68,4% do grupo EB, e 78,4% do grupo ES, consideram, também, o aumento das inundações como um efeito do AG (fig.18, gráfico 1). No que respeita ao aumento do número de desertos, constata-se que um menor número de alunos do grupo ES o identifica como um efeito do AG, mas, pelo contrário, em relação ao aumento das inundações são os alunos do grupo ES que mais afirmam esta consequência. Estes resultados podem estar relacionados com a confusão que surge da aparente inconsistência que existe entre haver mais inundações e mais desertos, detectada num estudo realizado por Boyes & Stranisstreet (1993).

Em relação a efeitos secundários, biológicos, como o incremento do número de insectos e de pragas nas colheitas (fig.18, gráfico 2), foram considerados por um menor número de alunos (EB: 54,1%; ES: 48,5%). Na opção da resposta *Outras*, dois alunos acrescentaram correctamente as seguintes consequências: aumento das secas e submersão das ilhas.

No que diz respeito às concepções alternativas, acerca das consequências de um aumento do AG, as mais comuns foram identificadas em mais de 80% dos alunos (fig.19, gráficos 6 e 1), sendo estas o aumento do cancro de pele (EB: 86,7%; ES: 84,5%) e o aumento brusco da temperatura da Terra (EB:85,7%; ES: 82,5%). A primeira concepção, e de acordo com outros estudos já realizados (Boyes & Stranisstreet, 1993, 2001; Dove, 1996; Jeffries *et al.*, 2001), onde se obtiveram resultados semelhantes, estará relacionada, principalmente, com a ligação estabelecida entre o buraco na camada de ozono e o AG/EE, referida na análise de outras questões. Para os alunos participantes nos estudos referidos, uma das explicações dadas para a ideia em causa foi o facto de a radiação UV, ao passar pelos buracos na camada de ozono, aquecer mais a Terra e, conseqüentemente, como as pessoas passam mais tempo ao Sol, o risco de ter cancro de pele aumenta. Em relação à segunda concepção apresentada, e de acordo com Mason & Santi (1998), poderá estar ligada com o facto de ser difícil de compreender, por parte dos alunos, que um aumento mínimo e gradual da temperatura possa provocar tantas catástrofes nos ecossistemas. Esta última ideia foi anteriormente detectada, embora numa percentagem inferior, aquando da análise efectuada às respostas dada à questão 7, centrada na definição de AG.

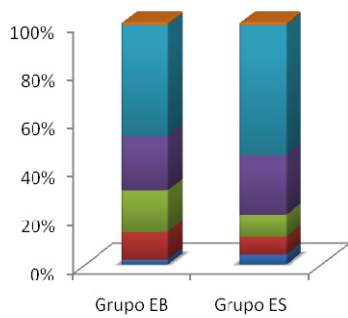


Gráfico 1 - Mais inundações

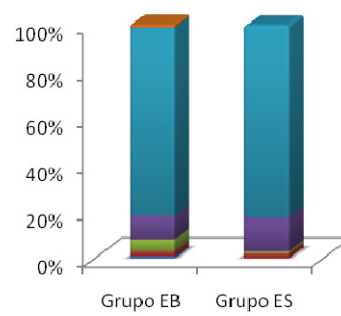


Gráfico 4 - O degelo dos pólos

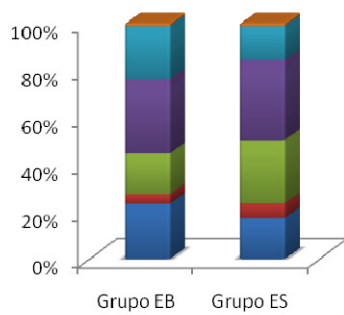


Gráfico 2 - Maior número de insectos e pragas nas colheitas

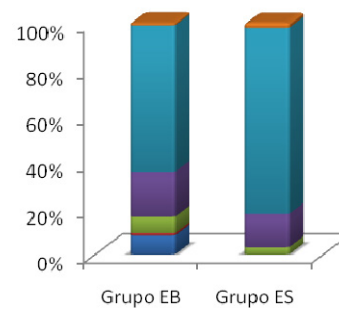


Gráfico 5 - Os padrões do clima do planeta sofrerão alterações

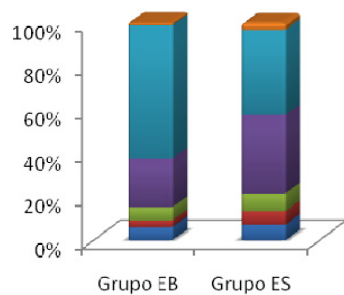


Gráfico 6 - Maior número de desertos no planeta

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura18: Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites sobre as consequências do aquecimento global

A distribuição das concepções alternativas dos alunos, relacionadas com as consequências biológicas do AG, é variável. Mais de metade dos inquiridos demonstrou ter a ideia de que, com o aumento do AG haverá menos água própria para consumo (fig.19, gráfico 3), concepção que prevalece com o nível de escolaridade (EB: 72,4%; ES: 76,3%). O aumento da comida (EB: 40,8%; ES: 27,8%) e dos peixes dos rios contaminados (EB: 34,0%; ES: 21,7%), apesar de, em menor número, ainda são concepções que se mantêm com o aumento do nível de escolaridade (fig. 19, gráficos 5 e 2). O incremento do número de ataques cardíacos é outra concepção que prevalece com o nível de escolaridade, sendo apresentada por 43,9% de alunos do grupo EB e por 40,2% do grupo ES (fig. 19, gráfico 7). Os resultados obtidos, no que toca às concepções alternativas apresentadas, são bastantes superiores aos alcançados noutros estudos realizados com alunos estrangeiros (Boyes & Stranisstreet, 1993, 2001; Jeffries *et al.*, 2001), o que indica que os alunos portugueses apresentam, em maior percentagem, ideias erradas acerca das consequências biológicas do AG, demonstrando pouco domínio do assunto em análise. Estes resultados parecem apontar para o facto de os alunos portugueses atribuírem a um problema ambiental, neste caso, ao AG, todo e qualquer efeito negativo relacionado com formas de poluição específicas e com a saúde humana.

No geral, relativamente poucos alunos (22,6%) apresentam ideias menos usuais sobre as consequências físicas do aumento do AG (fig. 19, gráfico 4). No entanto, foi detectada uma que aponta para o aumento do número de terremotos em consequência daquele problema. Uma das possíveis explicações para esta concepção, obtida em estudos anteriores (Boyes & Stranisstreet, 1993), prende-se com ideia de que, com o aumento da temperatura, o interior do planeta aquece, acumulando demasiada energia provocaria terremotos para libertar o excesso de energia.

Na questão 8.3, indagava-se a opinião dos alunos quanto às possíveis formas de minimizar o AG. Foram-lhe apresentadas doze possíveis formas de minimizar este problema, metade das quais são consideradas cientificamente aceites (anexo III). Nos gráficos das figuras 20 e 21 indicam-se os resultados obtidos relativos às opções cientificamente aceites (figura 20) e às opções cientificamente não aceites e que revelam concepções alternativas (figura 21), sobre formas de reduzir os efeitos do AG.

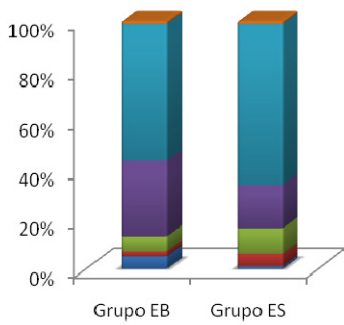


Gráfico 1 -Aumento brusco da temperatura da Terra

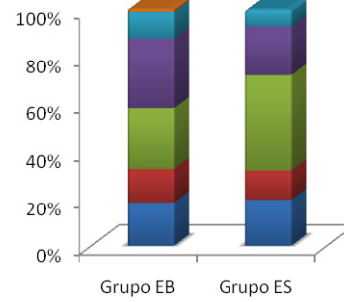


Gráfico 5 -Aumento da quantidade de comida contaminada

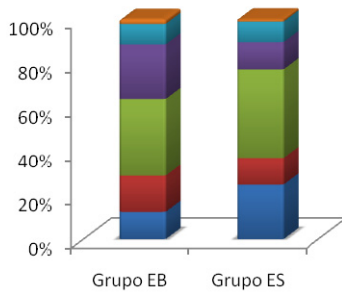


Gráfico 2 -Aumento do número de peixes envenenados nos rios

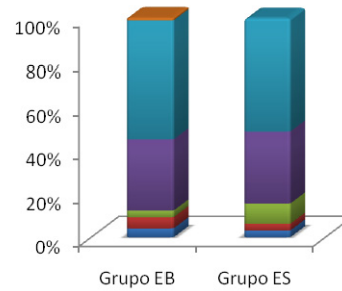


Gráfico 6 -Aumento do número de pessoas com cancro de pele

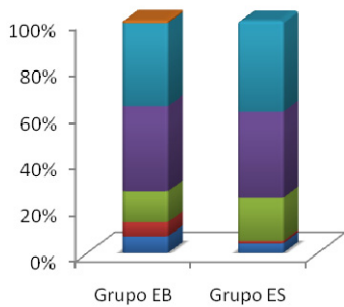


Gráfico 3 -Menor quantidade de água potável

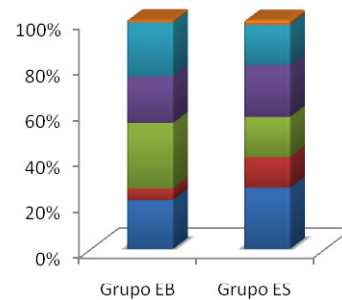


Gráfico 7 -Mais pessoas morrerão de ataques cardíacos

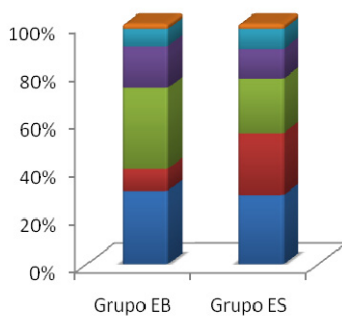


Gráfico 4 -Aumento do número de terremotos

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura 19: Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as consequências do aquecimento global

A maioria dos alunos pensa que reduzir a utilização dos automóveis (91,3%) e o número de indústrias (85,2%) minimizará os efeitos do AG (fig. 20, gráficos 6 e 1). Plantar mais árvores e utilizar papel reciclado são ideias apresentadas por cerca de dois terços dos inquiridos, como forma de reduzir o problema em causa (fig. 20, gráficos 4 e 5). O resultado obtido acerca desta última ideia não é surpreendente, pois, na sociedade actual, a palavra reciclar está bem presente na mente das crianças e é associada a uma acção amiga do ambiente. Esta associação pode significar que as crianças podem não saber como ou por que razão é que a utilização de papel reciclado minimiza o AG, mas como é bom para o ambiente, pensam que deve ajudar na resolução do problema em causa.

Três afirmações desta questão estão relacionadas com a produção de electricidade e o seu uso racional. Mais de metade dos alunos (66,2%) consideram, de forma correcta, que o consumo racional de electricidade é importante para combater os efeitos do AG (fig. 20, gráfico 3). Uma percentagem superior (86,7%) reconhece a importância da produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis (fig. 20, gráfico 2). Contudo, quase metade dos alunos não identifica a produção de energia, nas centrais nucleares, como modo de reduzir o AG (fig. 21, gráfico 1). Esta última concepção pode estar relacionada com a ideia depreciativa que os alunos atribuem aos fenómenos nucleares, fazendo uma associação mental com os grandes acidentes e as armas nucleares, ao invés de os associarem aos potenciais benefícios da energia nuclear. Os resultados obtidos, no que concerne às duas primeiras ideias referidas neste parágrafo, estão de acordo com o esperado, visto que são dois assuntos que estão constantemente a ser abordados pela comunicação social e na escola, em geral.

Em geral, os alunos não estabelecem uma relação causal entre a alimentação e o AG. Apenas 32,7% dos alunos mais novos e 23,7% dos mais velhos consideram que ingerir comida saudável e natural possa minorar os efeitos deste problema (fig.21, gráfico 4). Porém, estes resultados são mais elevados do que os obtidos em outros estudos realizados com alunos estrangeiros (Boyes & Stranisstreet, 1993, 2001; Jeffries *et al.*, 2001), o que indicia que os alunos portugueses apresentam, em maior percentagem, ideias incorrectas que relacionam uma alimentação saudável e o AG. Este relacionamento pode ter origem na ideia, possivelmente presente na mente das crianças, de que sendo os hábitos saudáveis de vida benéficos para a saúde humana, portanto, são algo bom, também poderão contribuir para minorar os problemas ambientais, neste caso o AG.

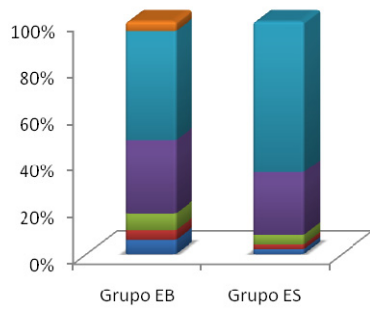


Gráfico 1 -Reduzindo o número de indústrias

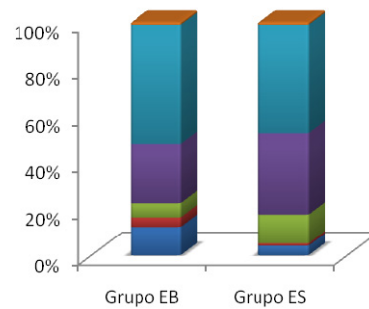


Gráfico 4 -Plantando mais árvores

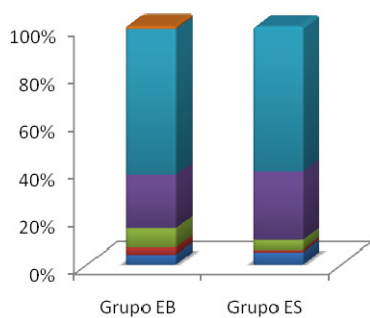


Gráfico 2 -Produzindo electricidade a partir de fontes renováveis

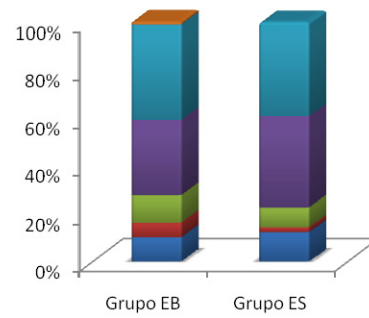


Gráfico 5 -Utilizando mais papel reciclado

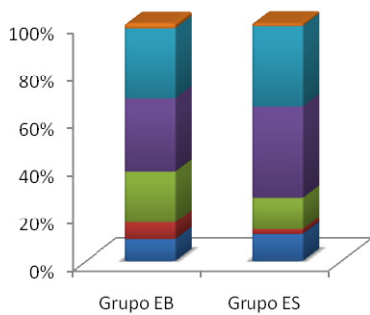


Gráfico 3-Não desperdiçando electricidade

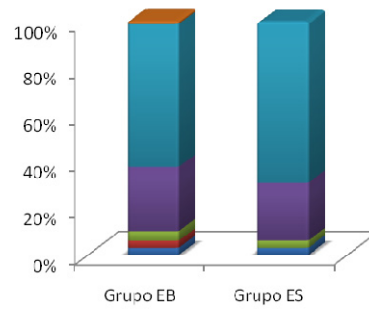


Gráfico 6 -Reduzindo a utilização de automóveis

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura 20: Distribuição das respostas às opções cientificamente aceites, sobre as formas de minimizar o aquecimento global.

Cerca de 41,5% dos alunos considera que a protecção das espécies raras pode ajudar a minimizar o AG, não havendo diferença relevante entre os dois grupos (fig. 21, gráfico 3). Mais de metade dos alunos mais novos (68,4%) entende que manter as praias limpas reduz o AG, mas este número diminui para 47,4%, no grupo dos alunos mais velhos (fig. 21, gráfico 2). Estes resultados podem indiciar que alguns alunos, para além de confundirem a degradação das condições ambientais com factores específicos relacionados com o AG, também associam as acções ditas amigas do ambiente como soluções para qualquer problema ambiental.

Um elevado número de alunos de ambos os grupos (EB: 62,3%; ES: 70,1%), superior nos alunos mais velhos, pensa que o uso de gasolina sem chumbo minimizará o AG. Uma das possíveis explicações para a existência desta concepção é o facto de este tipo de gasolina ter associada uma imagem verde, amiga do ambiente, sendo considerada *melhor* para o ambiente que a gasolina com chumbo. Segundo os autores de outros estudos (Boyes & Stranisstreet, 1993; Francis *et al.*, 1993), a persistência desta ideia, em idades mais avançadas, pode levar os condutores a acreditar que estão a ser *ambientalmente conscientes* ao usarem gasolina sem chumbo e a sentir que, quando conduzem um veículo automóvel, não estão a prejudicar o ambiente, podendo servir-lhes de justificação para continuarem a usar, de forma extensiva, os veículos automóveis.

A concepção alternativa mais comum, discutida anteriormente, é a associação entre a destruição da camada de ozono e os problemas em estudo. Quase todos os alunos (EB: 84,7%; ES: 95,9%) admitem que, protegendo a camada de ozono, haverá redução dos efeitos do AG. De assinalar que, para além desta concepção persistir com a escolaridade, a percentagem de alunos que a perfilham é mais elevada no grupo dos alunos mais velhos.

Depois de feita uma análise particular às questões 8.1, 8.2 e 8.3, fez-se um estudo mais transversal que relaciona os vários itens das três questões. Assim, agruparam-se algumas das ideias em cinco dimensões mais abrangentes (quadro 11) que podem ser reveladores de estruturas conceptuais mais gerais, presentes no pensamento dos alunos.

Um considerável número de opções das questões referidas pode ser agrupado num tópico comum chamado Responsabilidade Pessoal, que engloba formas incorrectas de aumentar ou de minimizar o AG e que dependem de um controlo pessoal (quadro 11). O item “proteger espécies raras de plantas e animais” foi incluído, nesta dimensão, por ter subjacente a ideia de *contribuição pessoal*, semelhante à de responsabilidade pessoal. Depois de feita esta análise,

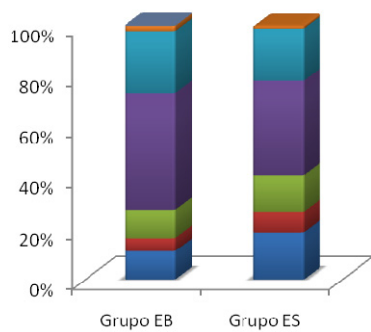


Gráfico 1 - Diminuindo o número de centrais nucleares

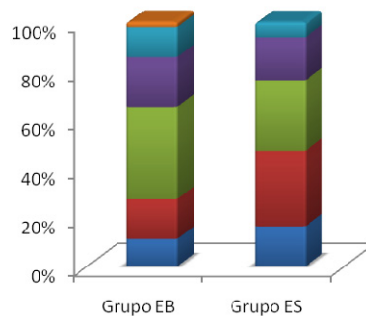


Gráfico 4 - Ingerindo comida natural e saudável

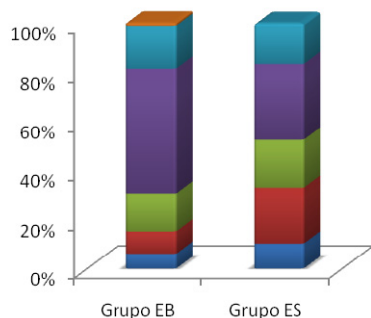


Gráfico 2 - Mantendo as praias limpas

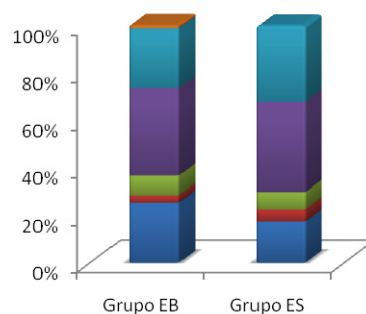


Gráfico 5 - Usando gasolina sem chumbo

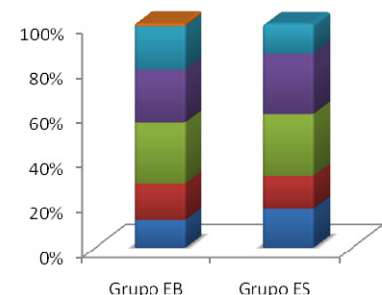


Gráfico 3 - Protegendo espécies raras de plantas e animais

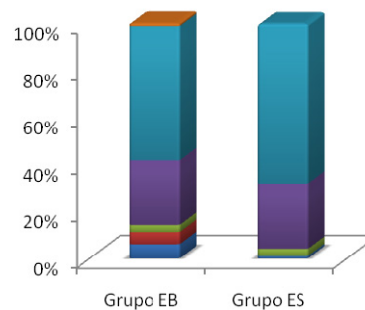


Gráfico 6 - Protegendo a camada de ozono

Legenda:

- Não responde
- Tenho a certeza que está correcto
- Penso que está correcto
- Penso que está errado
- Tenho a certeza que está errado
- Não sei

Figura 21: Distribuição das respostas às opções, não cientificamente aceites e que revelam concepções alternativas, sobre as formas de minimizar o aquecimento global.

com base nos resultados apresentados nos gráficos 2, 3 e 4 da figura 17 e da figura 21, constatou-se que, neste tema, existe uma dependência em relação à escolaridade. Efectivamente, a frequência da crença de que as acções centradas na responsabilidade pessoal poderão ajudar a combater o AG diminui com a idade e a escolaridade. No que diz respeito a formas de aumentar o AG, associadas, também, a acções em que cada ser humano tem muita ou alguma responsabilidade, verificou-se que os alunos do grupo ES ainda que em menor número do que os do grupo EB, também, apresentam estas ideias cientificamente incorrectas.

Quadro 11: Dimensões conceptuais gerais e itens a elas associados

Dimensão	Itens		
	Causas do AG (8.1)	Consequências do AG (8.2)	Formas de minimizar (8.3)
Responsabilidade Social	- a poluição da água dos mares e dos rios; - o aumento da quantidade de lixo; - a chuva ácida.		- ingerir comida natural e saudável; - manter as praias limpas; - proteger espécies raras de plantas e animais.
Destruição da Camada de Ozono	- os gases CFC's dos sprays; - o buraco na camada de ozono.	- o aumento do número de pessoas com cancro de pele.	- a protecção da camada de ozono.
Causas, Consequências e Formas de minimizar o AG bem conhecidas	- o aumento da concentração de CO ₂ ; - o aumento do EE.	- o degelo dos pólos; - as alterações climáticas.	- a redução da utilização dos automóveis; - a produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis; - a redução do número de indústrias; - a plantação de mais árvores.
Adversidades Biológicas		- o aumento dos peixes envenenados nos rios; - aumento do número de pessoas que morrerão de ataques cardíacos; - a diminuição da água potável; - aumento do número de terremotos.	
Conservação Energética	- desperdícios radioactivos das centrais nucleares.		- não desperdiçar electricidade; - reduzir a utilização de automóveis; - produzir electricidade a partir de fontes renováveis; - utilizar mais papel reciclado e plantar mais árvores; - diminuir o número de centrais nucleares.

Uma segunda dimensão, designada por Destruição da Camada de Ozono, engloba todos os itens que se relacionam com outro problema ambiental, a diminuição da camada de ozono (quadro 11). Em relação aos CFC's decidiu-se incluí-los aqui, por suportarem a ideia de que apesar de serem gases que contribuem para o agravamento do AG, são associados pelos alunos, em primeiro lugar, ao problema do ozono (Boyes & Stranisstreet, 1993). Da análise dos dados apresentados no gráfico 3 da figura 16, nos gráficos 6 das figuras 17, 19 e 21, constata-

se que as concepções “ O aumento do buraco na camada de ozono é causa do aumento do AG”, “O AG provoca o aumento do número de pessoas com cancro de pele” e “ A protecção da camada de ozono ajuda a minimizar o AG”, prevalecem e que o número de alunos que as perfilha até aumenta com a escolaridade.

No terceiro tópico consideraram-se ideias cientificamente aceites que, mais de três quartos dos alunos, possuem acerca das causas, consequências e formas de reduzir o AG, chamando-se Causas, Consequências e Formas de minimizar o AG bem conhecidas (quadro 11). Da análise dos dados apresentados nos gráficos 1 e 2, da figura 16, nos gráficos 4 e 5, da figuras 18 e nos gráficos 1, 2, 4, 5 e 6, da figura 20, verificou-se um progresso com a escolaridade.

Uma quarta dimensão, designada de Adversidades Biológicas, contempla itens relacionados com a saúde e bem-estar dos seres humanos e animais (quadro 11). O aumento do número de terremotos foi aqui incluído, por se encaixar na noção de adversidade, na medida em que, segundo Boyes & Stranisstreet (1993), os alunos, possivelmente, encaram os terremotos, mais em termos de catástrofe humana, do que de destruição física. Esta visão pode ser justificada pelo modo como são retratadas estas tragédias naturais, nos meios de comunicação social. Neste tema, e com base nos dados apresentados pelos gráficos 2, 3 e 4 da figura 19, constatou-se que a percentagem dos alunos que apresentam estas concepções não ultrapassa os 40%, em três dos itens referidos, havendo um desenvolvimento positivo com a escolaridade. No item relacionado com a diminuição da água potável, cerca de três quartos dos alunos mais velhos associam directamente esta consequência ao AG. Nos alunos mais novos, a percentagem é ligeiramente inferior.

Na quinta e última dimensão, Conservação Energética, inseriram-se itens relacionados com a economia de energia, a forma de a produzir, o uso de materiais reciclados e a reposição de recursos naturais (quadro 11). Da análise efectuada aos resultados relativos a estas opções, apresentados nos gráficos 2, 3, 4, 5 e 6 da figura 20, constata-se que a noção de *Conservação Energética* se aperfeiçoa do grupo EB para o grupo ES, alcançando mais de três quartos dos alunos deste último grupo.

No que diz respeito à energia nuclear, podemos analisar conjuntamente dois itens, um relativo às causas e desperdícios radioactivos das centrais nucleares, e um outro, relativo a formas de minimizar o AG e de diminuir o número de centrais nucleares (gráfico 5 da figura 17 e gráfico 1 da figura 21). Verifica-se que os alunos mais velhos têm mais conhecimentos acerca

dos benefícios da energia nuclear, na resolução deste problema global e acerca da irrelevância que o lixo nuclear tem nesta matéria.

Desta análise é de realçar que em duas das dimensões apresentadas, Responsabilidade Pessoal e Destruição da Camada de Ozono, os resultados apontam para a existência de uma resistente estrutura mental que sustenta ideias cientificamente não correctas, já que estas prevalecem em diferentes níveis de escolaridade e a mesma ideia é apresentada pelos alunos em diferentes contextos, neste caso relativos às causas, consequências e formas de minimizar o AG. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Boyes & Stranisstreet (1993) e por Jeffries *et al.* (2001), em estudos realizados com alunos ingleses. Para os restantes temas apresentados, Causas, Consequências e Formas de minimizar o AG bem conhecidas, Adversidades Biológicas e Conservação Energética, verifica-se, no geral, uma evolução positiva com a escolaridade, como seria de esperar, dado que os alunos do grupo ES já possuem mais formação nestas áreas.

4.4 Preocupações e fontes de informação sobre os fenómenos do Aquecimento Global e do Efeito de Estufa

Através do questionário utilizado neste estudo, para além de perguntas que versavam sobre os conhecimentos científicos relacionados com os dois fenómenos em estudo, também se inquiriram os alunos sobre as suas preocupações relativamente a estes assuntos (questão 9), bem como sobre as fontes de informação em que utilizaram para aprender acerca destes problemas ambientais em foco nesta dissertação (questão 10).

Na questão 9 apresentavam-se dois diálogos sobre a problemática do AG, sobre os quais os alunos tinham que se pronunciar, referindo se concordavam com um deles, com os dois ou com nenhum, justificando a sua escolha. Com esta questão pretendia-se conhecer da consciência pessoal e social acerca do AG, ou seja, das preocupações dos alunos quanto ao problema, da sua consciência acerca da dimensão do mesmo e da atribuição da responsabilidade para a resolução deste problema.

A análise das respostas a esta questão permitiu constatar que 85,7% dos alunos do grupo EB concordam com o diálogo 1, tendo a mesma opinião 93,8% dos alunos do grupo ES, ou seja, a grande maioria dos alunos. Face a esta concordância, podemos inferir que, aparentemente,

estes alunos têm consciência da dimensão global do problema, que atribuem a responsabilidade para a sua resolução a todos os habitantes do planeta e que se sentem preocupados com o que está acontecer. Da análise destes resultados constata-se que, apesar da diferença ser pequena, há mais alunos do grupo ES a concordar com o diálogo 1, sendo este o que revela uma maior consciência social e pessoal acerca deste problema.

Tabela 7: Distribuição das respostas dos alunos sobre a consciência pessoal e social acerca do aquecimento global (N= 195)

Tipos de resposta	Grupos			
	EB 9ºano (n=98)		ES 11º/12º ano (n=97)	
	f	%	f	%
Concordância com o diálogo 1	84	85,7	91	93,8
Concordância com o diálogo 2	4	4,1	2	2,1
Concordância com os dois diálogos	4	4,1	1	1,0
Discordância com os dois diálogos	4	4,1	3	3,1

O diálogo 2 foi escolhido por apenas 4,1% dos alunos do grupo EB e por 2,1% do grupo ES. Estes resultados indiciam que apenas uma minoria dos alunos não se encontra preocupada com o AG, pois pensa que se trata de um problema que só afecta determinadas zonas do planeta e que a sua resolução é da responsabilidade dos governos dos países desenvolvidos. Quatro alunos do grupo EB (4,1%), e um aluno do grupo ES (1,0%) concordaram com os dois diálogos. Houve alunos que disseram não concordar com nenhum dos diálogos, sendo estes 4,1% do grupo EB e 3,1% do grupo ES (tabela 7).

No que diz respeito às justificações para as concordâncias dos alunos com os diálogos, as que são apresentadas pelos alunos que concordam com diálogo 1 revelam, umas melhor do que outras, os seguintes pontos de vista: consciência da dimensão global do AG, a atribuição da responsabilidade para a sua resolução a todos os habitantes do planeta e a preocupação com este problema. Assim, 42,9% dos alunos, do grupo EB e 54,6% do grupo ES apresentam as justificações mais completas, nas quais fazem referência à responsabilidade de todos e às acções de mitigação que consideram que devem ser globais e imediatas. Estes alunos apresentam, por exemplo, a seguinte resposta: “Devemos proteger o nosso planeta, compete a todos. Devemos agir já, porque ainda vamos a tempo.”. Uma percentagem inferior de alunos (EB: 13,2%; ES: 20,6%) fundamentou a sua escolha, dizendo que o diálogo 1 é o mais correcto

e/ou o único em que as pessoas estão preocupadas e interessadas em proteger o ambiente. Neste tipo de respostas, os alunos demonstram, principalmente, a sua preocupação com o problema do AG. Há alunos que dão respostas mais vagas, referindo simplesmente que é um problema preocupante ou que nos devemos preocupar com ele (EB: 7,1%; ES: 1,0%).

Seis alunos do grupo EB (6,1%) e nove do grupo ES (9,3%) apresentaram justificações do tipo “ Fomos nós que o provocamos e vai-nos afectar a todos”, nas quais demonstram ter consciência da dimensão global do problema, quer ao nível das causas, quer ao nível das consequências. Um aluno do grupo EB refere que se trata de um problema que diz respeito a todos, mas acrescenta que, apesar disso, há pessoas que têm mais responsabilidade, nomeadamente, os governos. Este aluno, apesar de concordar com o diálogo 1, apresenta uma das ideias subjacentes ao diálogo 2, relacionada com a atribuição da responsabilidade a pessoas com mais poder na sociedade.

Um discente do grupo ES, ao referir que é um problema muito actual e que deve ser debatido, demonstra estar pouco atento à comunicação social, a qual tem dado notícias acerca da discussão que, pelo menos, desde o início do século XXI, tem ocorrido acerca de todas as evidências científicas que têm provado a dimensão deste problema e de todos os efeitos secundários que se têm sentido à escala global.

Nesta análise detectou-se, novamente, a confusão entre o AG e a diminuição da camada de ozono, quando um dos alunos do grupo EB apresenta a seguinte resposta: “ Concordo com o diálogo 1, porque é um problema que afecta todo o planeta e cabe a nós contribuímos para a sua diminuição [...], protegendo a camada de ozono que nos protege mas que está a ficar fina.”. Um aluno do grupo ES, ao referir que “Se pararmos de imediato a emissão de CFC’s conseguiremos normalizar o efeito de estufa dentro de 100 anos”, também evidencia a concepção alternativa mencionada.

Dos alunos que concordaram com o diálogo 2, os que fundamentaram a sua escolha atribuíram a responsabilidade de resolver este problema aos governantes ou aos países ricos, quando dão respostas como “Acho que são os governantes que têm de resolver tudo” ou “Só os países ricos têm dinheiro para reduzir o problema” .

Com os dois diálogos concordaram cinco alunos, sendo apenas um do grupo ES. Os alunos do grupo EB deram justificações muito vagas, dizendo apenas que todos devemos ajudar. O aluno do grupo ES apresentou a seguinte justificação: “Concordo com o diálogo 1, porque é um problema de todos e que afectará negativamente todo o mundo se nada for feito. Concordo

com o segundo porque as únicas pessoas que têm o poder de dinamizar uma mudança são os grandes líderes”, demonstrando que tem a consciência de que é um problema global, mas que a responsabilidade de o resolver fica para os mais poderosos.

Somente sete alunos não concordaram com nenhum dos diálogos e destes só três apresentaram uma justificação. Nestas, apresentaram a mesma percepção em relação à responsabilidade na resolução deste problema, ou seja, os três alunos atribuíram-na aos governos.

Depois desta análise, pode-se afirmar que os alunos participantes neste estudo revelaram uma maior inquietação e consciência em relação ao problema do AG, quando comparado com resultados obtidos em estudos anteriores realizados com alunos estrangeiros, de diferentes faixas etárias (Boyes & Stranisstreet, 2001; Jeffries *et al.*, 2001). Todavia, estes resultados não surpreenderam, uma vez que, antes e durante o período em que os questionários foram aplicados, verificou-se uma enorme atenção dada pela comunicação social a este assunto. Houve uma afluência elevada de notícias e documentários que alertavam as pessoas para as potenciais consequências que o aumento deste fenómeno podia gerar.

No que toca às fontes de informação, formais ou informais, onde os alunos adquiriram os conhecimentos sobre o EE e o AG, foi-lhes solicitado, na questão 10, que explicitassem a importância que as diversas fontes de informação, formais e informais, tiveram nessas aprendizagens. Foram apresentadas, aos alunos, quatro hipóteses de resposta: muito, bastante, pouco ou nada. Os resultados desta análise estão apresentados nas figuras 22 e 23.

Uma primeira análise dos resultados sugere que não há grandes diferenças entre as fontes de informação que tiveram muita ou bastante importância para as aprendizagens acerca do EE e as relacionadas com o AG. Assim, a análise, apresentada de seguida, diz respeito aos dois fenómenos em estudo nesta investigação.

Mais de três quartos dos alunos referem que aprenderam bastante ou muito, acerca do EE e do AG, com os professores (figura 22, gráfico 1). Mais de 60 % dos alunos, de ambos os grupos, referem ter aprendido, bastante ou muito, com a Internet e com os livros (figura 22, gráficos 2 e 3). A televisão surge em quarto lugar, com mais de metade dos alunos a identificarem-na como uma fonte de informação (figura 22, gráfico 4). Menos alunos, cerca de 50%, consideraram os jornais/revistas como fontes de informação (figura 23, gráfico 1). A família foi identificada como fonte de informação por cerca de 54% dos alunos do grupo EB, e por cerca de 30% dos alunos do grupo ES (figura 23, gráfico 2).

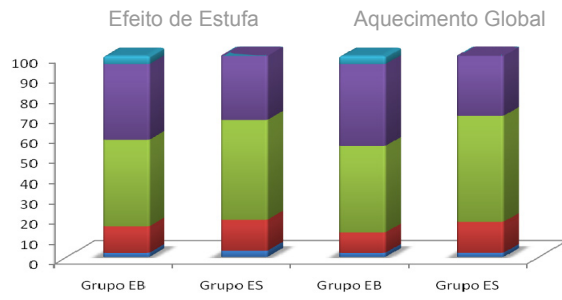


Gráfico 1 - Professores

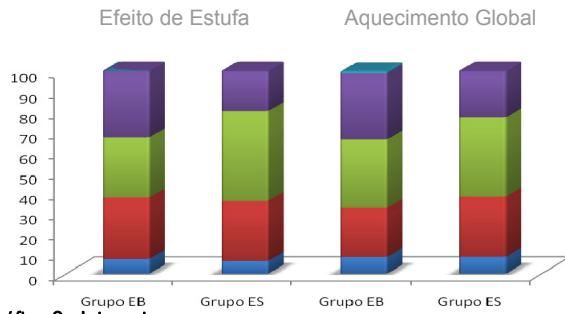


Gráfico 2 - Internet

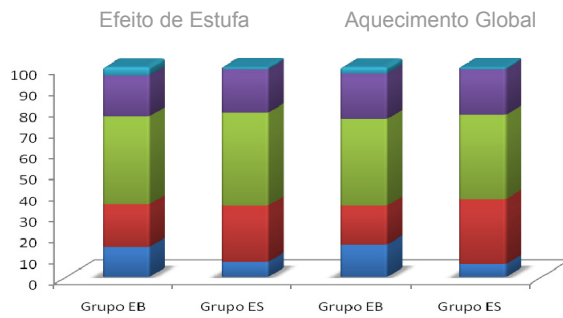


Gráfico 3 - Livros

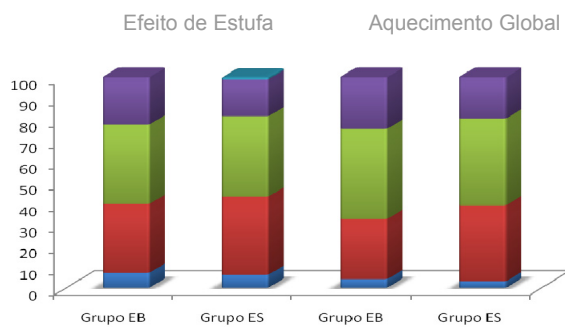


Gráfico 4 - Televisão

Legenda:



Figura 22: Fontes de informação onde os alunos adquiriram mais conhecimentos acerca do efeito de estufa e do aquecimento global

A fonte de informação com a qual os alunos dizem ter aprendido menos foi com a rádio, referida, aproximadamente, por 11% dos alunos do grupo EB, e por menos de 6% no grupo ES (figura 23, gráfico 3). No que diz respeito às duas últimas fontes de informação mencionadas, verifica-se uma diferença entre os dois grupos em análise. Dois alunos de cada um dos grupos acrescentaram na opção *Outras*, os amigos, referindo ter aprendido bastante com eles.

A diferença relevante entre os professores (mais de 80%), fonte de informação formal, e a Internet (mais de 60%), fonte de informação informal, surpreendeu, dada a importância que esta última tem vindo a adquirir na sociedade da informação em que vivemos e, como consequência, no processo de ensino e aprendizagem. Assim sendo, esperava-se que a Internet fosse identificada como fonte de informação por uma percentagem superior de alunos, relativamente aos professores. Este resultado pode indicar que, apesar de os alunos usarem, com frequência, a Internet, identificam o seu uso mais como uma actividade lúdica do que como um recurso para aprender. Parecem remeter o papel de ensinar à escola, quando referem que aprenderam muito ou bastante com os professores.

Constata-se, pelos resultados obtidos, que a televisão continua a ter um papel importante na vida dos alunos, tendo-se obtido uma percentagem semelhante à obtida para a Internet. Este resultado atesta o poder que a televisão ainda tem na vida dos alunos. Contudo, o resultado obtido para os livros, como fonte de informação, que ultrapassou os 60%, surpreendeu. Como referido acima, os alunos parecem remeter a maioria das suas aprendizagens para as fontes de informação mais formais, pelo que, no caso dos livros, é provável que estejam a incluir os manuais escolares.

Os jornais/revistas e a rádio são provavelmente os meios de comunicação menos presentes na vida destes alunos. Os jornais/revistas possivelmente por serem de mais difícil acesso (EB: 48%; ES: 50%) e a rádio por ser usada, fundamentalmente, para ouvir música sendo que, muitas das vezes, os alunos preferem fazê-lo através de outros meios (EB: 11%; ES: 6%). A família revela-se, como fonte de informação, para um maior número de alunos mais novos (cerca de 54%), podendo explicar-se este facto pelo apoio ao estudo que, ao nível do ensino básico, os familiares mais próximos ainda prestam. No ensino secundário, com o aumento da complexidade dos conteúdos, torna-se mais difícil para os alunos, encontrar na família, um apoio ao nível académico, o que justificará a menos contribuição da família para os alunos do grupo ES (cerca de 30%).

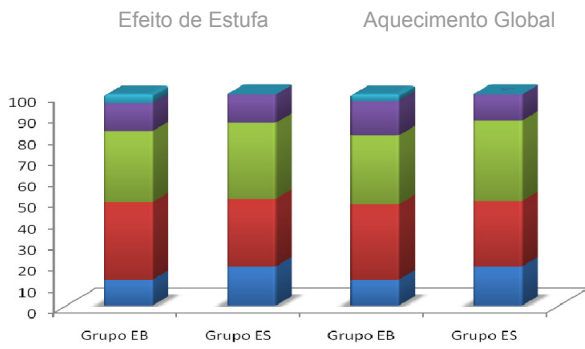


Gráfico 1 - Jornais/Revistas

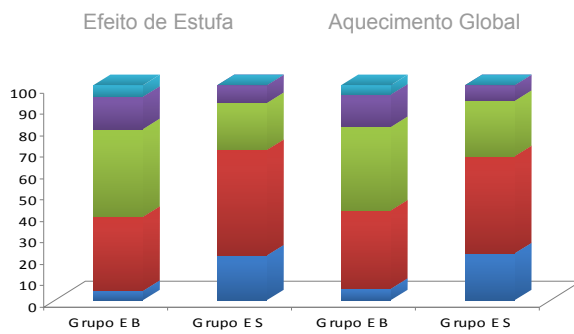


Gráfico 2 - Família

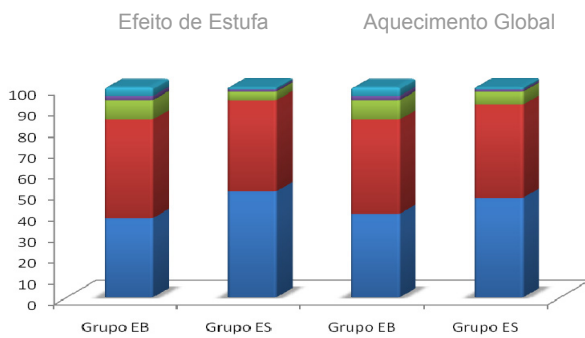


Gráfico 3 - Rádio

Legenda:



Figura 23: Fontes de informação onde os alunos adquiriram menos conhecimentos acerca do efeito de estufa e do aquecimento global

Comparando os resultados obtidos com os de dois estudos semelhantes, realizados em 2001, um com alunos entre os 11 e os 16 anos (Boyes & Stranisstreet, 2001) e outro com alunos universitários (Jeffries *et al.*, 2001), constata-se que a importância atribuída à escola e à televisão é semelhante. Contudo, nestes estudos, os valores oscilam mais com a escolaridade. Refira-se que, como estes estudos foram realizados há quase 10 anos, a Internet não estava contemplada e que a rádio também foi a fonte de informação menos referida nos estudos mencionados.

Em síntese, da análise efectuada apura-se que cerca de 90% dos alunos revela ter consciência do carácter global do problema em estudo, atribuiu a responsabilidade da sua resolução a todos e mostra preocupação pelo que está a acontecer com o planeta Terra. Apesar de a diferença não ser relevante, são os alunos do grupo ES que, em maior percentagem, perfilham aquelas ideias. São poucos, ainda, os que atribuem a responsabilidade da resolução deste problema ambiental a entidades superiores, como os governos e países ricos. No que diz respeito às fontes de informação, foi às fontes formais, como os professores e os livros, que os alunos remeteram a maioria das suas aprendizagens. A Internet e a televisão, fontes informais de informação, têm um papel semelhante nas aprendizagens dos alunos, não se tendo verificado diferenças relevantes entre os dois grupos de alunos em análise.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

5.1 Introdução

Neste capítulo começa-se por uma síntese das principais conclusões decorrentes da investigação realizada (5.2). De seguida, em 5.3, discutem-se algumas implicações dos resultados obtidos, para o processo de ensino e de aprendizagem dos fenómenos EE e AG. Por fim, em 5.4, apresentam-se algumas sugestões, para futuras investigações.

5.2 Conclusões

O principal objectivo deste estudo foi o de diagnosticar os conhecimentos que os alunos portugueses, à saída do ensino básico e do ensino secundário, apresentam relativamente aos fenómenos EE e AG, e comparar os conhecimentos dos dois grupos de alunos em análise. Foram detectadas várias concepções alternativas sobre estes assuntos, previamente identificadas por diversos investigadores (ver secção 2.3), facto que foi evidenciado ao longo do capítulo 4. As conclusões a seguir apresentadas são fruto dos resultados obtidos da análise dos dados recolhidos através do questionário elaborado para o efeito. Esta síntese organiza-se em função dos objectivos do estudo e tendo em conta os diversos aspectos incluídos no questionário, que foram descritos em 3.4.2. Assim, constata-se que, no que respeita a:

a) Conhecimentos acerca do Efeito Estufa

- Os alunos revelam bastantes dificuldades associadas à aprendizagem dos conceitos envolvidos na explicação do fenómeno do EE. Apesar de o grupo ES revelar um maior domínio destes conhecimentos, constatou-se que, no geral, a maioria não consegue dar uma explicação elaborada do mecanismo causador deste fenómeno, indiciando falta de conhecimentos e/ou dificuldade em conceptualizar e explicar o fenómeno. As concepções alternativas detectadas (e identificadas pormenorizadamente em 4.2) revelam isso claramente e relacionam-se com o facto de os alunos confundirem o EE com o papel da

camada de ozono e/ou com a sua destruição, considerando, no essencial, os dois fenómenos como um só, tal como sugeriam os resultados de estudos (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997,2001; Dove, 1996; Groves & Pugh, 1999; Koulaidis & Christidou, 1998; Andersson & Wallin, 2000), previamente realizados. O número de alunos que apresenta esta concepção aumentou quando lhes foi pedido para fazerem um esquema explicativo deste fenómeno. Outra concepção detectada tem a ver com a existência de uma barreira que retém o calor à superfície do planeta, a qual foi definida, por alguns, como uma camada de gases. Esta ideia indica que os alunos localizam os diferentes gases atmosféricos em diferentes camadas, não conceptualizando a distribuição uniforme dos mesmos. A ideia de que o EE apenas se deve à radiação/calor proveniente do Sol, não considerando a radiação emitida pela superfície terrestre, está presente no pensamento da maioria dos alunos. Há discentes que associam o fenómeno EE apenas ao seu aumento, identificando-o com o aumento de temperatura ou com o fenómeno do AG. Verifica-se que todas estas concepções persistem com a escolaridade, apesar de algumas passarem a ocorrer em menor percentagem de alunos.

- Relativamente à identificação dos gases envolvidos no EE, conclui-se que a maioria dos alunos identifica o dióxido de carbono, os CFC's, o metano e o monóxido de carbono, como GEE. Contudo, segundo estudos previamente realizados (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Groves & Pugh, 1999; Jeffries *et al.*, 2001), os CFC's são correctamente identificados como GEE, devido à relação incorrecta que os alunos estabelecem entre a camada de ozono e o EE. Os resultados positivos obtidos em relação ao ozono troposférico e ao vapor de água superam os alcançados em estudos com alunos estrangeiros (Boyes & Stanisstreet 1993, 2001; Dove, 1996), respectivamente. Alguns alunos revelam ideais não cientificamente correctas, no que toca ao azoto, ao hidrogénio e ao oxigénio, quando os identificam como GEE. No geral, e como seria de esperar, dado que estudaram mais vezes e com maior profundidade, os alunos do grupo ES apresentam um maior domínio deste conteúdo.

- Dependendo do modo como as questões são apresentadas, verifica-se que as explicações dos alunos sobre o mesmo fenómeno variam. Assim, no que respeita à relação causal entre a diminuição da camada de ozono e o aumento do EE, detecta-se um

aumento do número de alunos que perfilha concepções alternativas que incluem esta ideia, quando lhes foi colocada a questão de forma diferente (questão 6.1), da apresentada nas questões 3 e 4. Os resultados obtidos revelam que as crianças estabelecem uma combinação lógica das ideias que relacionam estes dois problemas ambientais, interligando as suas causas e possíveis consequências. Estas ideias persistem e, em alguns casos, aumentam com a escolaridade, ao contrário do que se esperava, visto que os alunos do grupo ES tiveram mais formação sobre estes assuntos.

- Relativamente ao reconhecimento do EE como um fenómeno natural, verifica-se que, só, é considerado como um fenómeno regulador da temperatura da superfície terrestre, por pouco mais de um terço dos alunos. Estes resultados estão de acordo com a tendência verificada noutros estudos realizados com alunos estrangeiros (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Francis *et al.*, 1993; Dove, 1996; Rye *et al.*, 1997; Koulaidis & Christidou, 1998), em que os alunos entenderam e interpretaram o EE, apenas como um problema ambiental e não como um fenómeno natural. Embora os alunos do grupo ES tenham estudado em mais pormenor este conteúdo, não se verificam diferenças significativas entre os conhecimentos dos alunos pertencentes aos dois grupos em análise.

- Sobre a relação entre o aumento do EE e o fenómeno do AG, constata-se que mais de um quarto dos alunos relaciona, de forma correcta, estes dois problemas ambientais. Os restantes revelam confusões conceptuais que evidenciam, principalmente, o desconhecimento da essência deste fenómeno: manter a superfície da Terra com uma temperatura média constante. Apesar de haver uma evolução positiva, quando se compara os alunos do grupo EB e do grupo ES, as diferenças entre os dois grupos não são muito acentuadas. Assim, pode-se inferir que, constituindo a ideia em causa o cerne do fenómeno do EE, o seu ensino ao longo de vários anos de escolaridade e nas várias disciplinas não está a ser muito eficaz.

b) Conhecimentos acerca do Aquecimento Global

- Sobre o conceito de AG, verificou-se que nenhum aluno definiu de forma completa e cientificamente aceite este fenómeno. Apesar de a maioria dos alunos associar o AG a um aumento da temperatura da superfície terrestre, a noção de temperatura média e de um

aumento gradual não foram explicitadas pela maioria dos alunos. Também se verificou que, de modo semelhante ao detectado em relação ao EE, há alunos que relacionam, embora incorrectamente, o AG com a camada de ozono, e não há diferenças apreciáveis entre os conhecimentos dos alunos pertencentes aos dois grupos em análise, o que está de acordo com o referido em 1.2.2, quando se demonstra que a abordagem deste fenómeno, nos programas do secundário, fica ao critério do professor de Física e Química. Assim, a semelhança entre os conhecimentos dos dois grupos de alunos, neste tópico, leva-nos a inferir que, no ensino secundário, ou não foi abordado o problema do AG ou, se foi, a abordagem não foi a mais eficaz.

- No que diz respeito às reais e possíveis causas do AG, constata-se que a maioria dos alunos, de ambos os grupos, tem ideias cientificamente correctas, demonstrando saber que, por exemplo, o dióxido de carbono e os CFC's são gases que contribuem para o problema do AG, e que o aumento do EE é causa deste fenómeno. Contudo, grande parte dos alunos também possui ideias cientificamente incorrectas, que persistem com a escolaridade, embora em menor percentagem. Entre elas destaca-se a identificação do buraco na camada de ozono como uma das causas do AG, o elevado número de raios de Sol que chegam à Terra e a associação de formas de poluição específicas (como o lixo, a poluição das águas dos mares e dos rios e os desperdícios das centrais nucleares) ao AG. Quanto aos resultados obtidos noutros estudos semelhantes (Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Groves & Pugh, 1999; Jeffries *et al.*, 2001), verificou-se que, apesar das concepções alternativas sobre as causas do AG, reveladas pelos alunos portugueses serem iguais às que foram identificadas em alunos estrangeiros, em alguns casos, elas apresentam uma prevalência maior entre os alunos portugueses do que entre os estudantes de outras nacionalidades. O facto de as concepções dos alunos portugueses serem as mesmas que as detectadas em alunos estrangeiro, não surpreende, já que se tem verificado, desde que surgiram investigações acerca das concepções alternativas relativamente aos mais diversos conteúdos científicos, que há uma convergência de resultados (Duarte, 1999), ou seja, uma coincidência das respostas dos alunos (Moreno & Moreno, 1989), independentemente das suas nacionalidades.

- No que concerne às consequências do AG, a maioria dos alunos reconhece o degelo dos pólos, as alterações dos padrões do clima do planeta, o aumento do número de desertos e o aumento das inundações como efeitos do AG. No que diz respeito às concepções alternativas acerca das consequências do AG, as mais comuns foram identificadas em mais de 80% dos alunos, sendo estas, o aumento do cancro de pele e o aumento brusco da temperatura da Terra. A primeira concepção estará relacionada, principalmente, com a ligação estabelecida entre o buraco na camada de ozono e o AG/EE. Os alunos portugueses apresentam, em maior percentagem, ideias erradas acerca das consequências biológicas do AG, demonstrando pouco domínio do assunto em análise, quando comparados com alunos estrangeiros (Boyes & Stranisstreet, 1993, 2001; Jeffries *et al.*, 2001). No geral, apesar de haver uma evolução positiva nos alunos do grupo ES, as diferenças entre os dois grupos de alunos não são muito notórias, podendo ser explicáveis pelas razões apresentadas no que toca aos resultados obtidos sobre a definição de AG.

- Sobre as formas de minimizar o AG, volta-se a constatar que os alunos, apesar de possuírem ideias cientificamente aceites, também apresentam concepções alternativas sobre o assunto. Assim, reduzir a utilização dos automóveis e o número de indústrias, plantar mais árvores, utilizar papel reciclado e produzir electricidade, a partir de fontes de energia renováveis, são ideias correctas, apresentadas por mais de metade dos alunos. Ao invés, verifica-se a depreciação dos fenómenos nucleares, decorrente de uma associação mental com os grandes acidentes e as armas nucleares, olvidando completamente os potenciais benefícios da energia nuclear. Algumas das concepções alternativas identificadas sugerem que alguns alunos, a maioria dos quais pertencentes ao grupo EB, para além de confundir a degradação das condições ambientais com factores específicos relacionados com o AG, também associa as acções ditas amigas do ambiente a soluções para qualquer problema ambiental. Duas das concepções alternativas que predominam e persistem com a escolaridade são a associação da protecção da camada de ozono e do uso de gasolina sem chumbo à redução dos efeitos do AG. As razões da primeira já foram explicadas anteriormente. Quanto à segunda uma das explicações possíveis, para a existência desta concepção, é o facto de este tipo de gasolina estar associada a uma imagem verde, amiga do ambiente, podendo estas ideias levar a que estes alunos, como

futuros condutores, pensem que quando conduzem um veículo automóvel, não estão a prejudicar o ambiente.

Neste estudo havia ainda outros objectivos relacionados com a consciência pessoal e social dos alunos acerca do AG, bem como sobre as fontes de informação que dizem ter usado obter conhecimentos sobre os problemas ambientais, em estudo. Da análise das respostas dos alunos pode-se constatar que:

- A globalidade dos alunos, aparentemente, tem consciência da dimensão global deste problema, atribuem a responsabilidade da sua resolução a todos os habitantes do planeta e sentem-se preocupados com o que está acontecer. No entanto, a percentagem e o tipo de justificações apresentadas permitem afirmar que os alunos do grupo ES revelam uma maior consciência pessoal e social acerca deste problema. Ainda há alunos que atribuem a responsabilidade da resolução deste problema ambiental a entidades superiores, como os governos e países ricos. Estes resultados, quando comparados com os obtidos em estudos anteriores (Boyes & Stranisstreet, 2001; Jeffries *et al.*, 2001), são melhores, visto que os alunos portugueses demonstraram uma maior inquietação e consciência, em relação a este problema. Tal diferença pode ser explicável pela maior atenção dada pela comunicação social a este assunto, nos meses em que o presente estudo decorreu, mas pode também dever-se ao facto de actualmente estes assuntos serem muito mais falados do que eram há cerca de 10 anos atrás.

- No que toca às fontes de informação, formais ou informais, onde os alunos dizem ter adquirido os conhecimentos sobre o EE e o AG, não se verificaram grandes diferenças entre as fontes de informação que os alunos dizem ter tido muita ou bastante importância para as aprendizagens acerca do EE e as relacionadas com o AG. Verificou-se que foi às fontes formais, nomeadamente os professores e os livros, que os alunos remeteram a maioria das suas aprendizagens. A Internet e a televisão, fontes informais de informação, tiveram, segundo eles, um papel semelhante nas suas aprendizagens, não se tendo verificado diferenças relevantes entre os dois grupos de alunos em análise. Assim, dado que os alunos parecem remeter o papel de ensinar à escola, confirma-se a importância que os professores têm no ensino destes fenómenos, devendo eles partir dos

conhecimentos que os alunos adquirem com a Internet, televisão, etc., muitas vezes cientificamente incorrectos, para os conduzir à evolução conceptual.

Em síntese, pode-se afirmar que os alunos portugueses, à semelhança do que acontece com alunos de outros países (ex.: Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997, 2001; Koulaidis & Christidou, 1998; Mason & Santi, 1998; Andersson & Wallin, 2000; Khalid, 2003), possuem graves lacunas conceptuais relacionadas com a explicação de, pelo menos, três fenómenos ambientais, não distinguindo alguns deles entre si, designadamente o EE e o AG da diminuição da camada de ozono. Verifica-se que o aumento da escolaridade, ao contrário do que seria de esperar pelo facto de estes assuntos serem abordados na escola, não se traduz numa evolução acentuada no que toca aos conhecimentos relacionados com os assuntos em causa, tendo-se mesmo verificado que continuam a existir concepções alternativas num grande número de alunos mais velhos. Este resultado é, no entanto, consistente com o verificado em outros países (ex.: Dove, 1996; Jeffries *et al.*, 2001; Khalid, 2003), onde se confirmou que alunos da escola secundário e até da universidade perfilham concepções alternativas sobre os fenómenos em questão nesta investigação.

Tendo os dois fenómenos em causa a ver com as questões ambientais com mais destaque na discussão pública (PNUD, 2007), e que constituem, actualmente, motivo de grande preocupação para os governos (UNFCCC, 2008b), podemos concluir, com base nos resultados deste estudo, que, provavelmente, a maioria dos cidadãos portugueses não possui os conhecimentos necessários que lhe permita a tomada de decisões e a adopção de posições adequadas à minimização destes problemas globais, sempre que isso se justifique.

5.3 Implicações do estudo

Os resultados deste estudo, para além de estarem em consonância com outras investigações desenvolvidas e já mencionadas anteriormente, noutros capítulos, confirmam a existência de dificuldades por parte dos alunos quanto à compreensão dos conceitos envolvidos na explicação dos fenómenos ambientais em causa. Assim, a primeira implicação dos resultados deste estudo prende-se com a necessidade de promover uma consciencialização dos professores para estes factos, com vista a obter uma necessária mudança de atitudes relativamente ao processo de ensino e aprendizagem destes assuntos. Desta forma, tendo em consideração a

complexidade destes fenómenos ambientais, que envolvem conceitos físicos, químicos e biológicos, não esquecendo a sua dimensão social e política, é imperativo que os professores de ciências se mantenham suficientemente actualizados acerca destes assuntos e das conexões entre eles, a fim de poderem orientar os seus alunos no sentido de um correcto entendimento dos mesmos. É também importante que cada professor, em cada ano de escolaridade, compreenda quais são as bases científicas que deve proporcionar aos alunos, uma vez que a formação do cidadão é um processo contínuo que começa na escola, mas que terá de prolongar-se por toda a vida, não bastando, por isso, que os alunos aprendam sobre o EE e AG, sendo também necessário que eles aprendam a aprender sobre estes fenómenos, entre outros.

Dado que se constatou que os alunos perfilhavam algumas concepções alternativas, relativamente aos fenómenos EE e AG, será fundamental que os docentes façam um diagnóstico prévio sobre as concepções dos alunos, bem como sobre o modo como estes assuntos foram abordados em anos anteriores e/ou são veiculados por fontes informais de informação, a fim de poderem organizar o ensino a partir do nível de conhecimentos em que os alunos se encontram, de modo a fazer-lhes ver as inconsistências e/ou limitações dessas concepções. Além disso, o diagnóstico relativo às abordagens do assunto deve constituir uma base para facilitar a reconstrução dos conhecimentos dos alunos associados a estes fenómenos e para desenvolver as competências de análise crítica da informação veiculada pelos meios de comunicação social.

Tendo-se observado que há concepções que persistem com a escolaridade e sabendo-se que a sua alteração é um processo difícil que se faz de forma gradual e leva algum tempo (Moreno & Moreno, 1989), será importante que os professores verifiquem se há, ou não, uma progressão em termos de organização conceptual dos diversos assuntos, no que diz respeito às ideias interiorizadas pelos alunos, em determinados momentos do processo de ensino e aprendizagem, de modo a poderem monitorizar e apoiar o desenvolvimento das mesmas.

Visto que, para além das lacunas detectadas nos dois grupos de alunos, em relação aos conceitos envolvidos na explicação dos fenómenos em estudo, não se reconheceu uma diferença relevante entre os alunos do grupo EB e os do grupo ES, como seria de esperar, seria necessário analisar os programas das disciplinas do âmbito da Física e Química, de modo a identificar conceitos relevantes eventualmente em falta e a organizar os conceitos a abordar no âmbito destes temas numa melhor sequência lógica, com um grau de dificuldade crescente.

Por outro lado, havendo concepções que não são independentes umas das outras, mas que se apresentam inter-relacionadas, nomeadamente as que dizem respeito à confusão entre o

EE ou AG e a diminuição da camada do ozono, é necessário repensar a abordagem metodológica destes assuntos. Não basta abordá-los; é necessário compará-los, identificando as semelhanças e as diferenças. Assim, torna-se indispensável começar por fazer uma abordagem faseada, de modo a que os alunos comecem a distinguir a origem, o mecanismo e os efeitos associados aos vários problemas ambientais. Posteriormente, é fundamental relacionar os vários problemas ambientais entre si, assim como o efeito antropogénico sobre cada um deles.

Uma vez que foram detectadas várias incorrecções em termos de linguagem, relacionadas com os conceitos abrangidos pela explicação dos fenómenos em estudo, é indispensável que os professores tomem consciência da importância que a linguagem utilizada na sala de aula tem na aprendizagem e discutam com os alunos o significado de termos que podem surgir com significados cientificamente incorrectos. A título de exemplo, refira-se o conceito de buraco que, no dia-a-dia, tem um significado diferente daquele que adquire quando está ligado à camada de ozono.

Os resultados deste estudo também apontam no sentido de que alguns manuais escolares podem contribuir para o surgimento ou mesmo reforço de concepções que se afastam dos conceitos cientificamente correctos, o que implica a necessidade do professor fazer não só uma selecção criteriosa do manual a adoptar, mas também, que exerça o papel de mediador em relação à sua utilização na sala de aula, de modo a facilitar aos alunos uma aprendizagem mais significativa das ciências (Duarte, 1999). De facto, não sendo de esperar que haja manuais perfeitos (Leite, 1999), é importante que os professores conheçam bem os problemas e limitações do manual adoptado, de forma a poderem corrigir os erros, incorrecções e/ou omissões e a discuti-los com os alunos. Os próprios autores dos manuais, com o conhecimento destes factos, podem tomar medidas para colmatar eventuais deficiências dos manuais e melhorar a qualidade das abordagens facultadas aos seus utilizadores, designadamente aos alunos.

Da análise que foi efectuada em 1.2.2, ao Currículo Nacional do Ensino Básico e ao programa de Física e Química A, Bloco 1, tinha-se verificado que nesses documentos não era dada a devida importância aos problemas ambientais em estudo, ficando, por vezes, a profundidade com que estas questões ambientais irão ser abordadas ao critério dos professores de ciências. Os resultados deste estudo vêm reforçar a necessidade de formação de professores a fim de actualizarem os seus conhecimentos científico - didácticos sobre os assuntos em causa

e serem capazes de fazer reinterpretações adequadas daqueles documentos reguladores do ensino e das aprendizagens, com vista à maior promoção da educação para a sustentabilidade.

5.4 Sugestões para futuras investigações

As características e limitações deste estudo, bem como a análise dos dados recolhidos, fizeram emergir algumas das questões e dúvidas que ficaram por responder e que podem ser objecto de futuras investigações.

Atendendo ao número reduzido de alunos participantes neste estudo, comparado com o universo de alunos portugueses, os resultados obtidos não devem ser generalizados. Estudos mais abrangentes, com alunos portugueses distribuídos por todo o país, deverão ser efectuados, para permitir essas generalizações.

Outro aspecto limitativo nesta investigação relaciona-se com a técnica de recolha de dados utilizada, que não possibilitou o esclarecimento e/ou aprofundamento das respostas dos alunos. Um estudo semelhante em que se recorresse ao inquérito por entrevista como técnica de recolha de dados iria permitir uma compreensão mais profunda das concepções dos alunos.

Esta investigação apenas incidiu sobre dois fenómenos ambientais – EE e AG –, pelo que futuros trabalhos deverão contemplar vários fenómenos ambientais, nomeadamente, a diminuição da camada de ozono e as chuvas ácidas, de modo a tornar possível um relacionamento entre todos eles, identificando quer os conhecimentos cientificamente aceites, quer as concepções alternativas dos alunos.

Tendo em consideração que, neste estudo, foram detectadas várias concepções alternativas relacionadas com os problemas ambientais tratados, algumas delas difíceis de mudança (Moreno & Moreno, 1989), são necessárias investigações que testem o efeito de estratégias de ensino desenhadas para promover a evolução conceptual dos alunos. Essas estratégias devem atribuir aos alunos um papel activo no processo de aprendizagem, dando-lhes oportunidade de explicitar as suas ideias (alternativas ou não), de tomar consciência delas, de vivenciar situações geradoras de conflito cognitivo e outras capazes de potenciar a sua resolução, e aplicar as novas ideias aprendidas a novas situações (Duarte, 1999).

Porque em relação aos assuntos em causa neste estudo há evidências da persistência de concepções até à idade adulta (Jeffries *et al.*, 2001; Khalid, 2003), estudos com o objectivo de diagnosticar os conhecimentos dos professores e as suas práticas lectivas serão importantes,

pois permitirão recolher informação útil para intervir, de modo mais fundamentado, ao nível da formação inicial e contínua de professores, com vista à melhoria do ensino destes assuntos.

Em virtude de estes assuntos surgirem frequentemente nos meios de comunicação social, sugere-se a construção de materiais didácticos de apoio, elaborados com base em informação (textual, audiovisual, multimédia) proveniente de vários meios de comunicação social, como jornais, televisão, revistas, Internet, que constituem fontes de informação informais que parecem dar uma contribuição importante para as aprendizagens dos alunos, acerca do EE e do AG, os quais deveriam ser disponibilizados a professores e alunos e, posteriormente, a avaliação da adesão dos professores, bem como das reacções dos alunos, aos mesmos.

Por último, dada a dependência que as práticas dos professores evidenciam face ao manual escolar, o qual constitui como um elemento de apoio da actividade didáctica dos professores (Stinner, 1992), que se sobrepõe, por vezes, ao próprio currículo (Yore, 1991) e assume mesmo o papel de principal determinante das actividades realizadas nas aulas (D'all'Alba *et al.*, 1993), e sabendo que o modo como os manuais escolares lidam com diversos aspectos conceptuais e metodológicos nem sempre é o mais adequado (Chiappetta *et al.*, 1991), seria importante analisar o modo como os manuais abordam os assuntos em causa neste estudo, sobretudo no que toca à correcção científica, à omissão de determinados aspectos e à possibilidade de veicularem e/ou reforçarem as concepções alternativas dos alunos. Os resultados dessa análise poderão ser úteis para os professores de Física e Química e para os próprios autores dos manuais, ajudando-os a tomar medidas para que, respectivamente, colmatem nas suas aulas eventuais deficiências dos manuais e melhorem a qualidade das abordagens facultadas aos utilizadores dos mesmos, designadamente aos alunos.

Com este trabalho pretendeu-se contribuir para uma reflexão acerca do ensino e da aprendizagem de dois importantes problemas ambientais, o AG e o EE, no ensino básico e no ensino secundário. Dos resultados obtidos pode-se inferir que os alunos portugueses não possuem os conhecimentos científicos adequados que lhes permitam ser cidadãos participativos e capazes de contribuir para a resolução desses problemas e de tomar medidas adequadas com vista à protecção do futuro do Planeta.

Tem-se consciência de que o contributo deste estudo foi modesto, mas se os seus resultados permitirem consciencializar alguns professores para uma maior promoção da educação para a sustentabilidade e tiverem o condão de motivar outros estudos sobre esta

temática, com maior repercussão no futuro sustentável do nosso planeta, então a realização desta singela investigação terá valido a pena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIA (2004). *Impacts of Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press. Disponível em <http://www.acia.uaf.edu> (acedido em 10/11/2007).
- Andersson, B. & Wallin, A. (2000). Student's Understanding of Greenhouse Effect, the Societal consequences of Reducing CO₂ Emissions and the problem of Ozone Layer Depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (10), 1096-1111.
- Appenzeller, T. (2004). O caso da fuga do carbono. *National geographic*, Fevereiro, 70- 99.
- Boeker, E. & Grondelle, R. (2001). *Environmental Science. Physical principles and applications* Chicester: Jonh Wiley & Sons Ltd.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1993). The "Greenhouse Effect": children's perceptions of causes, consequences and cures. *Environmental Education Research*, 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. (2001). Plus ça change, plus c'est la même chose? School student's ideas about the "Greenhouse Effect" a Decade on, *Canadian Journal of Environmental Education*, 6, 34-58.
- Chiappetta, E. *et al.* (1991). A Method to Quantify Major Themes of Scientific Literacy in Science Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8), 713-725.
- Dall'Alba, G. *et al.* (1993). Textbook treatments and students' understanding of acceleration. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (7), 621-635.
- Daniel, B. *et al.* (2004). How can we best reduce Global Warming? Schooll students' ideas and misconceptions. *International Journal of Environmental Studies*, 61 (2), 211-222.
- Dawson, A. (1995). *Global Climate Change*. Oxfor: Oxford University Press.
- DEB (2001a). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DEB (2001b). *Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DEB (2001c). *Geografia – Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DES (2001). *Programa de Física e Química A 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.

- DES (2003). *Programa de Física e Química A 11º ou 12º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Dove, J. (1996). Student Teacher Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain. *Environmental Education Research*, 2 (1), 89- 101.
- Driver, R. *et al.* (1994) *Making sense of secondary science*. London: Routledge.
- Duarte, M. (1999). Investigação em ensino das ciências: influências ao nível dos manuais escolares. *Revista Portuguesa de Educação*, 12 (2), 227-248.
- EEA, European Environment Agency. (2005). *The European environment - State and outlook 2005*: Copenhagen. Disponível em: http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2005_1/en (acedido em (10/01/2009)).
- Feely, R. *et al.* (2004). Impact of Anthropogenic CO₂ on CaCO₃ System in the Oceans. *Science* 305, 1005-1008.
- Fien, J. & Maclean, R. (2000). Teacher Education for sustainability. II. Two Teacher Education Projects from Asia and the Pacific. *Journal of Science Education and Technology*, 9 (1), 37-48.
- Fien, J. & Tilbury, D. (2002). *The global challenge of sustainability*. In: Tilbury, D. *et al.* (eds.) *Education and Sustainability: responding to the Global Challenge*. Gland: IUCN,13-24.
- Flanery, T. (2006). *Os Senhores do Tempo: o impacto do homem nas alterações climáticas e no futuro do planeta*. Lisboa: Editorial Presença.
- Francis, C. *et al.* (1993). Ideas of elementary Students about reducing “Greenhouse Effect”. *Science Education*, 77 (4), 375-392.
- Freitas, M. (2000). A Educação Ambiental (e para a sustentabilidade) como Projecto. In Actas das III Jornadas de Educação para o Ambiente. Viana do Castelo: Ecoteca da Câmara Municipal de Viana do Castelo, 45-52.
- Freitas, M. (2006). *A Década de Educação para o Desenvolvimento Sustentável, do que não deve ser ao que pode ser*. In Actas do V Congresso IberoAmericano de Educação Ambiental, Joinville.
- Ghiglione, R. & Matalon, B. (1997). *O inquérito: teoria e prática*. Oeiras: Celta editora.
- Gore, A. (2006). *Uma Verdade Inconveniente*. Lisboa: Esfera do Caos.
- Groves, F. & Pugh, A. (1999). Elementary Pre-service Teacher Perceptions of the Greenhouse Effect.. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (1), 75- 81.
- Guyot, G. (1998). *Physics of the environment and climate*. Chicester: John Wiley & Sons Ltd.

Hadley Center (2005). *Climate Change and the Greenhouse Effect- a briefing from Hadley Center*. Exeter: Met Office - The Hadley Centre for Climate Prediction and Research. Disponível em www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/ (acedido em 1/11/2006).

Hesselink, F. *et al.* (eds.) (2000). *ESDebate. International debate on education for sustainable development*. Gland: IUCN.

Hopkins, C. & Mckeown, R. (2002). Education for sustainable development: an international perspective. *In: Tilbury, D. et al. (eds.) Education and Sustainability: responding to the Global Challenge*. Gland: IUCN 13-24.

Hudges, T. *et al.* (2003). Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science*, 301, 929-933.

IEA, International Energy Agency (2008) *World Energy Outlook-2008*. Disponível em <http://www.worldenergyoutlook.org/2008.asp> (acedido em 18/01/2008).

INAmb, Instituto Nacional do Ambiente (sd) *A Carta de Belgrado*. Lisboa: Instituto Nacional do Ambiente.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2001). *Climate change 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Third Assessment Report*. Disponível em <http://www.ipcc.ch> (acedido em 1/11/ 2006).

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2005). *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Summary for Policymakers and Technical Summary*. Disponível em http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf (acedido em 24/01/2009).

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Climate change 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Fourth Assessment Report*. Disponível em <http://www.ipcc.ch> (acedido em 09/07/ 2007).

IUCN/UNEP/WWF (1991). *Caring for the Earth. A strategy for sustainable living*. Londres: IUCN, UNEP and WWF.

Jeffries, H. *et al.* (2001). Knowledge about the “Greenhouse effect”: have college students improved? *Research in Science & Technological Education*, 19 (2), 205-221.

Khalid, T. (2003). Pre-service High School Teacher’s Perceptions of Three Environmental Phenomena *Environmental Education Research*, 9 (1), 35-50.

Koulaidis, V. & Christidou, V. (1998). Models of students thinking concerning the Greenhouse Effect and teaching implications. *Science education*, 83 (5), 559-576.

Leite, L. (1999). Heat and Temperature: an analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education*, 22 (1), 75- 88.

Leite, L. & Pedrosa, A. (2004). *Educação Científica, Exercício de Cidadania e Gestão Sustentável de Resíduos Domésticos- Fundamentos de um Questionário*. In ENCIGA (ed.), Actas do XVII Congreso Enciga (CD-Rom). Corunha : E.S. N°1 de Ribeira.

Maciel, N. *et al.* (2003). *Eu e a Química. Física e Química A – Química 10º ano*. Porto: Porto Editora.

Mason, L & Santi, M. (1998). Discussing the Greenhouse Effect: children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research*, 4 (1), 67-83.

Matssuura, K. (2002). Opening Session of education Sector Symposium *Why education and public Awareness are indispensable for a sustainable future*. UNESCO. World Summit on Sustainable Development, Joannesburg. Disponível em http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001272/127273e.pdf#xml=http://unesdoc.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?database=ged&set=416ECAC9_1_126&hits_rec=9&hits_1ng=eng (acedido em 07/05/2007).

Meadows, G. & Wiesenmayer, R. (1999). Identifying and addressing students' alternative conceptions of causes of Global Warming: The need for cognitive conflict. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (3), 235-239.

Meinshausen, M. (2005). *On the risk of overshooting 2°C*, Comunicação apresentada no Scientific Symposium "Avoiding Dangerous Climate Change". Exeter.

Moreno, J. & Moreno, A. (1989). *La ciencia de los alumnos – Su utilización en lá didáctica de la Física Y Química*. Barcelona: MEC/LAIA.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA)/ Earth System Research Laboratory (ESRL) (s/d). *Atmospheric Carbon Dioxide - Mauna Loa*. Disponível em http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html (acedido em 18/01/2008).

Novo, M. (1996) La Educación Ambiental formal e não formal: dos sistemas complementários. *Revista IberoAmericana de Educación*, 11, 75-102.

Oort, A. & Peixoto, J. (1992). *Physics of Climate*. Nova Iorque: Springer- Verlag Inc.

Orr, J. *et al.* (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437, 681-686.

Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems. *Nature*, 421, 37-42.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2007). *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008: Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido*. Disponível em <http://hdr.undp.org> (acedido em 12/12/2007).

Ramsden, E. (1996). *Chemistry of the Environment*. Cheltenham: Stanley Thornes (Publishers) Ltd.

- Ribeiro, L. (2007). Crónica de um desastre anunciado. *Visão*. 764, 166- 182.
- Rye, J. *et al.* (1997). An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education*, 19 (5), 527-551.
- Roque, A. (2007). *H₂O Sustentabilidade na Terra*. Lisboa: Texto Editores.
- Santos, F. *et al.* (eds) (2002). *Mudança climática em Portugal: cenários, impactes e medidas de adaptação – projecto SIAM. Sumário executivo e Conclusões*. Lisboa: Gradiva.
- Santos, F. (2006). Energia e Clima: o Desafio Ambiental do século XXI. *Gazeta da Física*, 29 (1), 22-28.
- Santos, F. (2007). A Física das Alterações Climáticas. *Gazeta da Física*, 30 (1), 48-57.
- Silva, A. *et al.* (2007). *(CFQ) Sustentabilidade na Terra*. Maia: Areal Editores.
- Sjøberg, S. (2002). La Education Científica y Tecnológica en Europa: Desafios Actuales y Posibles Soluciones. *Contacto - Boletim Internacional de la Unesco de Educacion Científica, Tecnológica y Ambiental*, Xxvii (3-4), 1-5. Disponível em http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/publicaciones/contacto_3_4_2002.pdf (acedido em 07/05/2007).
- Smithson, P. *et al.* (2002). *Fundamentals of the Physical Environment*. Londres: Routledge.
- Stern, N. (2006). *Stern Review Report on the Economics of Climate Change* Disponível em http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm (acedido em 18/01/2008).
- Stinner, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, (76), 1-16.
- Yore, L. (1991). Secondary science teachers' attitudes towards and beliefs about science reading and science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), 55-72.
- UN (1992a). *Agenda 21* Rio de Janeiro: UN Documents Cooperation Circles. Disponível em <http://www.un-documents.net/agenda21.htm> (acedido em 24/08/2008).
- UN (1992b). *Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas*. Johannesburgo Disponível em <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/cambio%20climatico.pdf> (acedido em 24/01/2009).
- UNESCO-EPD (1997). *Environment and society: Education and Public Awareness for Sustainability*. Background paper prepared for Unesco Internacional Conference, Thessaloniki. Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001106/110686eo.pdf> (acedido em 20/01/2009).
- UNESCO (1998). *Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem Jomtien, 1990* Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf> (acedido em 20/01/2009).

UNESCO- CASTME- HBCSE (2001). *La Enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas en prol del desarrollo humano. Marco de Acción* Goa: UNESCO- CASTME. Disponível em [http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001274/127417s.pdf#xml=http://unesdoc.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?database=&set=497B72AF_1_108 & hits_rec= 96& hits_lng=spa](http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001274/127417s.pdf#xml=http://unesdoc.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?database=&set=497B72AF_1_108&hits_rec=96&hits_lng=spa) (acedido em 24/01/2009).

UNESCO (2004). *United Nations Decade for sustainable Development 2005-2014 – Draft International Implementation Scheme*. Nova Iorque. Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139937e.pdf> (acedido em 20/01/2009).

UNFCCC (2008). *The United Nations Climate Change Conference in Bali*. Disponível em: http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php (acedido em 20/01/2009).

UNFCCC (2008a). *Welcome to the United Nations Climate Change Conference in Bali*. Disponível em: http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4094.php (acedido em 20 /01/2009).

UNFCCC (2008b). *La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de Poznan (Polonia) sienta las bases para el Acuerdo de Copenhague*. Disponível em: http://unfccc.int/files/press/application/pdf/cop_14_closing_press_release_spanish.pdf (acedido em 20 /01/2009).

Ventura, G. *et al.* (2007). *10FA – Física e Química A – Física Bloco 1- 10º/11º ano*. Lisboa: Texto Editores.

WCED (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Geneva: UN Documents Cooperation Circles. Disponível em: <http://www.un-documents.net/a42-427.htm> (acedido em 24/01/2009).

ANEXOS

Anexo I

Questionário aplicado aos alunos do grupo EB

QUESTIONÁRIO



Este questionário integra-se num projecto de investigação que está a ser desenvolvido na Universidade do Minho e visa recolher informação acerca das ideias dos alunos do 9ºano e do Ensino Secundário sobre o Efeito de Estufa e o Aquecimento Global.

Embora não se trate de uma ficha de avaliação é importante que respondas a todas as questões da forma mais completa e sincera possível, a fim de que estes resultados possam contribuir para melhorar o ensino da Física e da Química.

Parte I – Dados pessoais e académicos

1. Dados Pessoais

1.1.- Idade: _____ anos

1.2- Sexo: ___ Feminino ___ Masculino

2. Dados Académicos

2.1.- Ano de Escolaridade: _____

2.2- Nível obtido na disciplina de Ciências Físico-Químicas no 2º período do presente ano lectivo: 1 2 3 4 5

Parte II – Efeito de Estufa

3. O que é, para ti, o Efeito de Estufa?

4. **Faz um esquema que explique a tua ideia sobre o Efeito de Estufa e no qual refiras todos os intervenientes neste fenómeno.**

Nota: Não te esqueças de fazer a legenda.

5. Na tabela abaixo estão indicados os nomes de vários gases que poderão, ou não, provocar o Efeito de Estufa.

Indica o grau de influência que, na tua opinião, cada um dos gases tem no Efeito de Estufa.

Nome do Gás	Influência do gás no fenómeno efeito de estufa			
	Nenhuma	Alguma	Muita	Não sei
Azoto				
Clorofluorcarbonetos -CFC's				
Dióxido de Carbono				
Hidrogénio				
Metano				
Monóxido de carbono				
Óxidos de azoto				
Oxigénio				
Ozono troposférico				
Vapor de água				
Outro(s): _____ _____				

6. Apresenta a tua opinião sobre cada uma das afirmações que se seguem.

6.1- *A diminuição da camada de ozono tem contribuído para o aumento do efeito de estufa.*

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

6.2- *Se não houvesse efeito de estufa, nenhum de nós existiria.*

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

6.3- Se o efeito de estufa aumentar, a temperatura da Terra também aumenta.

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

Parte III – Aquecimento global

7. O que é, para ti, o Aquecimento Global?

8. As três questões que se seguem dizem respeito a possíveis causas, consequências e formas de minimizar o Aquecimento Global.

8.1- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis causas do Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>O aumento do Aquecimento Global deve-se...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
... à poluição das água do mar e dos rios.					
... ao elevado número de raios de Sol que chegam à Terra.					
... à elevada concentração de dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera.					
... à elevada concentração de ozono (O ₃) perto da superfície terrestre.					
... ao aumento do efeito de estufa.					
... ao aumento da quantidade de lixo.					
... à decomposição de resíduos orgânicos.					
... aos desperdícios radioactivos das centrais nucleares.					
... à chuva ácida.					
... aos gases CFC's dos sprays.					
... aos gases que provêm dos fertilizantes					
... ao buraco na camada de ozono.					
... ao facto de os raios solares não poderem escapar para o espaço.					
Outra(s): _____					

8.2- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis consequências do Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>Se o Aquecimento Global aumentar ...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...haverá um aumento brusco da temperatura da Terra.					
...aumentará a quantidade de comida contaminada.					
...haverá mais inundações.					
...mais peixes ficarão envenenados nos rios.					
...um maior número de pessoas terá cancro de pele.					
...haverá menos água potável.					
...aumentará o número de insectos e pragas nas					
... os padrões do clima do planeta sofrerão alterações.					
... mais pessoas morrerão de ataques cardíacos.					
...aumentará o número de desertos no planeta.					
... o gelo dos pólos derreterá.					
...aumentará o número de terremotos.					
Outra(s): _____ _____					

8.3- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis formas de minimizar o Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>O Aquecimento Global pode ser minimizado ...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...diminuindo o número de centrais nucleares.					
...ingerindo comida natural e saudável.					
...mantendo as praias limpas.					
...utilizando gasolina sem chumbo.					
...reduzindo o número de indústrias.					
...plantando mais árvores.					
...produzindo electricidade a partir de fontes de energia renováveis.					
...utilizando mais papel reciclado.					
...protegendo espécies raras de plantas e animais.					
...não desperdiçando electricidade.					
...protegendo a camada do ozono.					
...reduzindo a utilização dos automóveis.					
Outra(s) : _____ _____					

9. Lê com atenção os diálogos 1 e 2:

Diálogo 1



Diálogo 2



9.1- Concordas com algum dos diálogos?

- Concordo com o diálogo 1 Concordo com o diálogo 2
 Concordo com os dois diálogos Não concordo com nenhum

Justifica a tua opção.

10. Classifica a contribuição de cada uma das fontes de informação, apresentadas na tabela, para a tua aprendizagem sobre o Aquecimento Global e Efeito de Estufa.

Aprendi...	Efeito de Estufa				Aquecimento Global			
	Muito	Bastante	Pouco	Nada	Muito	Bastante	Pouco	Nada
Fonte de Informação								
Professores								
Televisão								
Rádio								
Livros								
Jornais/ Revistas								
Internet								
Família								
Outra: _____								

Obrigada pela tua
colaboração!

Anexo II

Questionário aplicado aos alunos do grupo ES

QUESTIONÁRIO

Este questionário integra-se num projecto de investigação que está a ser desenvolvido na Universidade do Minho e visa recolher informação acerca das ideias dos alunos do 9ºano e do Ensino Secundário sobre o Efeito de Estufa e o Aquecimento Global.

Embora não se trate de uma ficha de avaliação é importante que respondas a todas as questões da forma mais completa e sincera possível, a fim de que estes resultados possam contribuir para melhorar o ensino da Física e da Química.

Parte I – Dados pessoais e académicos

1. Dados Pessoais

1.1.- Idade: _____ anos

1.2.- Sexo: ___ Feminino ___ Masculino

2. Dados Académicos

2.1.- Ano de Escolaridade: _____

2.2.- Frequentou a disciplina de Física e Química A no: ___ 10ºano___ 11ºano___ 12ºano

2.3.- Classificação obtida na disciplina de Física e Química A no 2º período do presente ano lectivo: _____ valores

Parte II – Efeito de Estufa

3. O que é, para ti, o Efeito de Estufa?

4. **Faz um esquema que explique a tua ideia sobre o Efeito de Estufa e no qual refiras todos os intervenientes neste fenómeno.**

Nota: Não te esqueças de fazer a legenda.

5. Na tabela abaixo estão indicados os nomes de vários gases que poderão, ou não, provocar o Efeito de Estufa.

Indica o grau de influência que, na tua opinião, cada um dos gases tem no Efeito de Estufa.

Nome do Gás	Influência do gás no fenómeno efeito de estufa			
	Nenhuma	Alguma	Muita	Não sei
Azoto				
Clorofluorcarbonetos -CFC's				
Dióxido de Carbono				
Hidrogénio				
Metano				
Monóxido de carbono				
Óxidos de azoto				
Oxigénio				
Ozono troposférico				
Vapor de água				
Outro(s): _____ _____				

6. Apresenta a tua opinião sobre cada uma das afirmações que se seguem.

6.1- *A diminuição da camada de ozono tem contribuído para o aumento do efeito de estufa.*

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

6.2- *Se não houvesse efeito de estufa, nenhum de nós existiria.*

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

6.3- Se o efeito de estufa aumentar, a temperatura da Terra também aumenta.

Concordo **Discordo** **Não sei.**

Justifica a tua resposta.

Parte III – Aquecimento global

7. O que é, para ti, o Aquecimento Global?

8. As três questões que se seguem dizem respeito a possíveis causas, consequências e formas de minimizar o Aquecimento Global.

8.1- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis causas do Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>O aumento do Aquecimento Global deve-se...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
... à poluição das água do mar e dos rios.					
... ao elevado número de raios de Sol que chegam à Terra.					
... à elevada concentração de dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera.					
... à elevada concentração de ozono (O ₃) perto da superfície terrestre.					
... ao aumento do efeito de estufa.					
... ao aumento da quantidade de lixo.					
... à decomposição de resíduos orgânicos.					
... aos desperdícios radioactivos das centrais nucleares.					
... à chuva ácida.					
... aos gases CFC's dos sprays.					
... aos gases que provêm dos fertilizantes					
... ao buraco na camada de ozono.					
... ao facto de os raios solares não poderem escapar para o espaço.					
Outra(s): _____					

8.2- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis consequências do Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>Se o Aquecimento Global aumentar ...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...haverá um aumento brusco da temperatura da Terra.					
...aumentará a quantidade de comida contaminada.					
...haverá mais inundações.					
...mais peixes ficarão envenenados nos rios.					
...um maior número de pessoas terá cancro de pele.					
...haverá menos água potável.					
...aumentará o número de insectos e pragas nas					
... os padrões do clima do planeta sofrerão alterações.					
... mais pessoas morrerão de ataques cardíacos.					
...aumentará o número de desertos no planeta.					
... o gelo dos pólos derreterá.					
...aumentará o número de terremotos.					
Outra(s): _____ _____					

8.3- Utilizando as hipóteses de resposta, que se seguem, exprime a tua opinião em relação a cada uma das possíveis formas de minimizar o Aquecimento Global.

Para cada afirmação assinala uma única resposta, utilizando uma cruz (X).

<u>O Aquecimento Global pode ser minimizado ...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...diminuindo o número de centrais nucleares.					
...ingerindo comida natural e saudável.					
...mantendo as praias limpas.					
...utilizando gasolina sem chumbo.					
...reduzindo o número de indústrias.					
...plantando mais árvores.					
...produzindo electricidade a partir de fontes de energia renováveis.					
...utilizando mais papel reciclado.					
...protegendo espécies raras de plantas e animais.					
...não desperdiçando electricidade.					
...protegendo a camada do ozono.					
...reduzindo a utilização dos automóveis.					
Outra(s) : _____ _____					

9. Lê com atenção os diálogos 1 e 2:



9.1- Concordas com algum dos diálogos?

- Concordo com o diálogo 1 Concordo com o diálogo 2
- Concordo com os dois diálogos Não concordo com nenhum

Justifica a tua opção.

10. Classifica a contribuição de cada uma das fontes de informação, apresentadas na tabela, para a tua aprendizagem sobre o Aquecimento Global e Efeito de Estufa.

Aprendi...	Efeito de Estufa				Aquecimento Global			
	Muito	Bastante	Pouco	Nada	Muito	Bastante	Pouco	Nada
Fonte de Informação								
Professores								
Televisão								
Rádio								
Livros								
Jornais/ Revistas								
Internet								
Família								
Outra: _____								

Obrigada pela tua
colaboração!

Anexo III

Aspectos que as respostas dos alunos às questões que envolvem conceitos científicos devem incluir para serem classificadas como cientificamente aceites

Aspectos que as respostas dos alunos às questões que envolvem conceitos científicos devem incluir para serem classificadas como cientificamente aceites

• Questões com respostas abertas

Questão 3	
Definição conceptual	Definição operacional
<p>A. A radiação/energia proveniente do Sol atravessa a atmosfera terrestre;</p> <p>B. Parte dessa radiação é absorvida pela superfície terrestre, aquecendo-a;</p> <p>C. A superfície terrestre reemite a radiação, que absorveu, para a atmosfera sob a forma de calor (radiação infravermelha);</p> <p>D. Alguns gases da atmosfera (CO₂ e outros), absorvem parte desta radiação, impedindo-a de ser reenviada para o espaço, provocando a retenção de calor na Terra;</p> <p>E. É um fenómeno natural.</p>	<p>A. Mantém constante a temperatura média do planeta;</p> <p>B. Deve-se à presença de alguns gases na atmosfera.</p>

Questão 6.1
<p>Discordo</p> <p><u>Justificação</u></p> <p>A. - A diminuição da camada de ozono e o aumento do efeito de estufa são fenómenos com causas e consequências diferentes;</p> <p>B. - A diminuição da camada de ozono relaciona-se com a diminuição da quantidade de ozono que existe na estratosfera;</p> <p>C. - Assume um papel fundamental na protecção da vida na Terra;</p> <p>D. - Absorve as radiações ultravioletas (UV), impedindo que estas atinjam a superfície terrestre em quantidades elevadas;</p> <p>E. - A exposição prolongada e sem protecção às radiações UV causa anomalias nos seres vivos, podendo levar, por exemplo, ao aparecimento de cancro da pele.</p>

Questão 6.2
<p>Concordo</p> <p><u>Justificação</u></p> <p>A. - O efeito de estufa é um processo natural e necessário para a existência dos seres vivos;</p> <p>B. - Mantém a superfície da Terra com uma temperatura média constante;</p> <p>C. - Se não houvesse efeito de estufa a temperatura média da superfície da Terra seria muito mais baixa.</p>

Questão 6.3

Concordo

Justificação

O aumento do efeito de estufa retém mais calor próximo da superfície da Terra, o que faz com que a temperatura média aumente.

Questão 7

Definição conceptual	Definição operacional	
	Em função das causas	Em função das consequências
A. É o aumento gradual da temperatura média da superfície terrestre.	<p>A. É devido à acção do homem;</p> <p>B. É devido ao aumento do efeito de estufa.</p>	<p>A. Provoca alterações climáticas;</p> <p>B. Provoca o degelo das calotes polares;</p> <p>C. Provoca o aumento dos níveis médios da água do mar;</p> <p>D. Provoca o aumento das zonas desérticas;</p> <p>E. Provoca problemas de saúde;</p> <p>F. Provoca alterações nos ecossistemas.</p>

• **Questões com respostas de escolha múltipla**

Questão 5

Nome do Gás	Influência do gás no fenómeno efeito de estufa			
	Nenhuma	Alguma	Muita	Não sei
Azoto	X			
Clorofluorcarbonetos -CFC´s			X	
Dióxido de Carbono			X	
Hidrogénio	X			
Metano			X	
Monóxido de carbono			X	
Óxidos de azoto			X	
Oxigénio	X			
Ozono troposférico			X	
Vapor de água			X	
Outro(s): Hidrocarbonetos fluorados (HFC), hidrocarbonetos perfluorados (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF ₆).			X	

Questão 8.1					
<u>O aumento do Aquecimento Global deve-se...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
... à poluição das água do mar e dos rios.	X				
... ao elevado número de raios de Sol que chegam à Terra.	X				
... à elevada concentração de dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera.				X	
... à elevada concentração de ozono (O ₃) perto da superfície terrestre.				X	
... ao aumento do efeito de estufa.				X	
... ao aumento da quantidade de lixo.	X				
... à decomposição de resíduos orgânicos.				X	
... aos desperdícios radioactivos das centrais nucleares.	X				
... à chuva ácida.	X				
... aos gases CFC 's dos sprays.				X	
...aos gases que provêm dos fertilizantes artificiais.				X	
... ao buraco na camada do ozono.	X				
... ao facto de os raios solares não poderem escapar para o espaço.				X	
Outra(s): _____					

Questão 8.2.					
<u>Se o Aquecimento Global aumentar ...</u>	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...haverá um aumento brusco da temperatura da Terra.	X				
...aumentará a quantidade de comida contaminada.	X				
...haverá mais inundações.				X	
...mais peixes ficarão envenenados nos rios.	X				
...um maior número de pessoas terá cancro de pele.	X				
...haverá menos água potável.	X				
...aumentará o número de insectos e pragas nas colheitas.				X	
... os padrões do clima do planeta sofrerão alterações.				X	
... mais pessoas morrerão de ataques cardíacos.	X				
...aumentará o número de desertos no planeta.				X	
... o gelo dos pólos derreterá.				X	
...aumentará o número de terramotos.	X				
Outra(s): _____					

Questão 8.3

O Aquecimento Global pode ser minimizado ...	Tenho a certeza que está errado	Penso que está errado	Penso que está correcto	Tenho a certeza que está correcto	Não sei
...diminuindo o número de centrais nucleares.	X				
...ingerindo comida natural e saudável.	X				
...mantendo as praias limpas.	X				
...utilizando gasolina sem chumbo.	X				
...reduzindo o número de indústrias.				X	
...plantando mais árvores.				X	
...produzindo electricidade a partir de fontes de energia renováveis.				X	
...utilizando mais papel reciclado.				X	
...protegendo espécies raras de plantas e animais.	X				
...não desperdiçando electricidade.				X	
...protegendo a camada do ozono.	X				
...reduzindo a utilização dos automóveis.				X	
Outra(s) : _____					