



**Uso Sustentável da Água:
Actividades Experimentais para a Promoção
e Educação Ambiental no Ensino Básico**

Maria Deolinda da Silva Faria Machado

UMinho | 2006

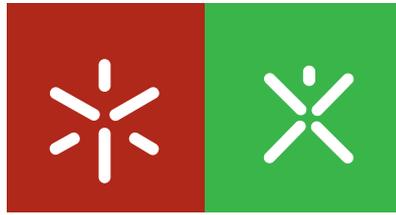


Universidade do Minho
Instituto de Estudos da Criança

Maria Deolinda da Silva Faria Machado

**Uso Sustentável da Água:
Actividades Experimentais para a Promoção
e Educação Ambiental no Ensino Básico**

Julho de 2006



Universidade do Minho
Instituto de Estudos da Criança

Maria Deolinda da Silva Faria Machado

**Uso Sustentável da Água:
Actividades Experimentais para a Promoção
e Educação Ambiental no Ensino Básico**

Tese de Doutoramento em Estudos da Criança
Área de Conhecimento em Estudos do Meio Físico

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Nelson Lima

Julho de 2006

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

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar o meu reconhecido agradecimento à Professora Doutora Graça Simões de Carvalho do Departamento de Ciências Integradas e Língua Materna como impulsionadora para a minha entrada neste processo de doutoramento.

De uma forma especial quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Nelson Lima do Departamento de Ciências Integradas e Língua Materna, pelo apoio, dedicação e estímulo pelo trabalho desenvolvido, mesmo quando eu próprio punha em dúvida o seu valor, permitindo assim ultrapassar as dificuldades, dúvidas e incertezas que me iam surgindo. O espírito de abertura e disponibilidade demonstrada ao longo da elaboração e revisão desta dissertação foram contributos relevantes e imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

A todos os elementos do Departamento de Ciências Integradas e Língua Materna do Instituto de Estudos da Criança da Universidade do Minho que de algum modo contribuíram para a execução de materiais utilizados e facilidades concedidas na utilização do Laboratório o meu obrigado. Agradeço igualmente ao Centro de Investigação para a Promoção da Literacia e Bem-Estar da Criança (LIBEC) da Universidade do Minho que durante este período me acolheu como investigadora.

Agradeço aos Professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico que me disponibilizaram as suas turmas para a execução dos ensaios experimentais.

À Minha Família agradeço a compreensão pelas ausências e impaciências durante este período de formação e investigação.

Resumo

O trabalho desta dissertação teve como objectivo central propor Actividades Experimentais para a Promoção e Educação Ambiental no Ensino Básico. Para o efeito, iniciou-se o estudo pela análise dos manuais do Ensino Básico e o estudo comparativo com as directrizes do Currículo Nacional para determinar os limites da temática em investigação. O estudo envolveu quatro parâmetros de análise: (i) o ciclo do uso da água, (ii) causas da poluição da água, (iii), consequências da poluição da água e (iv) tratamentos/soluções para a poluição da água. No capítulo 1 efectuamos uma sequenciação da problemática ambiental desde a sua génese até ao momento actual, através de uma revisão bibliográfica referente à (i) génese da consciência ecológica, (ii) evolução da Educação Ambiental, (iii) Educação Ambiental em Portugal, (iv) criação do Ministério do Ambiente e (v) Instituto da Água. De seguida, já no capítulo 2, elaborou-se um historial da água desde os tempos mais remotos até à delimitação da sua problemática actual. Apresenta-se ainda a problemática da água que vai da distribuição ao consumo, passando pela poluição, legislação nacional de captação e normas de qualidade, a água na política da comunidade europeia, ciclo de uso e técnicas de tratamento, sistemas de tratamento ao reuso, uso eficiente e uso sustentável, conservação da água em Portugal e conflitos mundiais pela água. No capítulo 3 são apresentados os materiais desenvolvidos para as propostas de actividades experimentais relacionadas com o ciclo do uso da água e a poluição agro-química que foram aplicadas em contexto de sala de aula. Também são descritas as metodologias utilizadas para a sua avaliação, nomeadamente a análise de conteúdos para o estudo 1 (os manuais e programas nos 3 ciclos do ensino básico), o estudo das mudanças de concepções alternativas sobre o ciclo de uso da água (estudo 2) e sobre a poluição agro-química (estudo 3). No estudo 2 foi desenvolvida uma proposta de actividade englobando o funcionamento de uma ETA (estação de tratamento de águas), construção de uma maquete exemplificando uma rede de distribuição de água de consumo e o visionamento de um filme sobre uma ETAR (estação de tratamento de águas residuais). No estudo 3, a abordagem de avaliação da proposta de actividades experimentais baseada na utilização de um “kit” de análise de água foi realizada com o recurso à metodologia quasi-experimental. No capítulo 4 apresentam-se os resultados dos 3 estudos realizados os quais apontam no estudo 1 para dificuldades de articulação de conteúdos e sequencialidade quanto aos 4 parâmetros em análise e, para os estudos 2 e 3, para o aumento de competências (mudanças de concepções alternativas) dos alunos quanto aos temas trabalhados experimentalmente. No capítulo 5 apresenta-se as conclusões, recomendações e perspectivas futuras, que de forma sucinta são: (1) que ensino experimental no 1.º Ciclo do Ensino Básico é uma possibilidade metodológica de excelência para a educação em geral e, em particular, para a Educação Ambiental, que os alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico confrontados com estas propostas pedagógicas de ensino experimental foram desafiados a desenvolver o pensamento crítico, a capacidade de tomar decisões, e a procurar solucionar problemas concretos. Por outras palavras, foram desafiados a aumentar significativamente a sua literacia ambiental; (2) como recomendações propomos que os Programas Nacionais, e os manuais, incorporem o ciclo do uso da água de forma progressiva e mais complexa desde o 1.º Ciclo até ao 3.º Ciclo do Ensino Básico; que os problemas de poluição das águas e sua solução sejam tratados de forma mais coerente e recorrente, e que haja por parte das escolas e professores desenvolvimento de actividades experimentais e de campo sobre o ciclo de uso da água e problemas relacionados com a sua degradação; (3) que de futuro este estudo deveria generalizar as propostas aqui apresentadas, bem como ampliar as propostas de actividades experimentais e observacionais sobre a água.

Abstract

The main aim of this work is to propose experimental activities for environmental advocacy and education within the educational system from Yr1 to Yr9. To achieve this, the work started with a comparative analysis of the textbooks used in Yrs 1 to 9, the National Curriculum and other governmental guidelines in order to find the thematic framework under investigation. The part of the study was carried out using four categories of analysis: (i) cycle of water used, (ii) causes of water pollution, (iii) consequences of water pollution, and (iv) treatments and solutions for water pollution. In chapter 1, we follow step-by-step the environmental perspectives from its genesis to the present day, reviewing the (i) genesis of ecological conscience, (ii) evolution of environmental education, (iii) environmental education in Portugal, (iv) origin of the Portuguese Ministry of the Environment, and (v) mission of the Portuguese Institute of Water. Next, already in chapter 2, a view of the history of water was done from old times to the current delimitation issue. Furthermore, the issue of water is shown from distribution to consumption, passing through pollution, national legislation on the water supplier and quality regulations, water within the politics of the European Community, the cycle of water used and treatment techniques, re-use treatment systems, efficient and sustainable water uses, the conservation of water in Portugal and, eventually, the main world conflicts for water. Chapter 3 presents the methodologies developed and applied in a classroom context to set-up the experimental activities related to the cycle of water used and water agro-chemical pollution. This chapter also describes the methodologies used for the assessment of the proposal experimental activities, namely the contents analysis of study 1 (the textbooks and syllabus of the educational system from Yr1 to Yr9), the study of the conceptual changes of pupils about the cycle of water used (study 2) and about water agro-chemical pollution. The study 2 is related with teaching activities proposals which are (1) a Drinking Water Treatment Plant experiment, (2) drinking-water distribution network study using a model and, (3) a presentation of a movie about how work a Wastewater Treatment Plant. Study 3, approaches the assessment of the experimental activity proposal which was based on the use of a water chemical analysis kit. This kit was used in an experimental classroom and in other classroom the same content without experiment was teaching theoretically using the oral transmission. This quasi-experimental methodology will allow us compare the learn outcomes of the pupils in different teaching approaches. The results of the three studies are presented in chapter 4 of which study 1 point out the difficulties of relationship of contents and connections as to the 4 parameters in analysis and in studies 2 and 3 to the increase of the students learning outcomes (conceptual changes) as to subjects experimentally worked on. Chapter 5 presents the conclusions, recommendations and perspectives for the future which in brief are: (1) that the experimental teaching in Yrs1 to 4 is an excellent methodology for education in general and in particular for Environmental Education; that the students of Yrs1 to 4 confronted with these new pedagogic proposals of experimental teaching were challenged to develop their critical thinking, the capacity of making decisions and to be able to solve concrete problems. In other words, they were challenged to significantly increase their environmental literacy; (2) as a recommendation we propose that the national curriculum and textbooks from Yr1 to Yr9, incorporate the cycle of water used in a progressive and intricate way; that the problems of water pollution and its solutions should be treated more comprehensibly and persistently, that there is implemented by schools and teachers the use of experimental activities and fieldwork of the cycle of water used and related problems like water degradation; (3) that in the future the proposals presented here should be generalised, as well as expanding the proposals of experimental and observational activities about water.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	xix
CAPÍTULO 1. Introdução Geral	1
1.1. Génese da consciência ecológica	2
1.2. Evolução da Educação Ambiental	4
1.3. A Educação Ambiental em Portugal	21
1.4. Criação do Ministério do Ambiente	31
1.4.1. Instituto da Água	34
CAPÍTULO 2. A Água	41
2.1. A água através dos tempos	45
2.1.1. Os mitos e a água	45
2.1.2. A gestão da água na Antiguidade	49
2.1.3. A água na Idade Média	52
2.1.4. A água no Renascimento	54
2.1.5. A Idade da responsabilidade ambiental	56
2.1.6. A Actualidade.....	56
2.2. A problemática da água	58
2.2.1. Distribuição da água no Planeta Terra.....	61
2.2.2. Fontes poluentes da água	64
2.2.3. Condicionantes do receptor hídrico	67
2.2.4. Legislação nacional de captação e normas de qualidade	68
2.2.5. A água na política da Comunidade Europeia	70
2.2.6. Ciclo de uso e técnicas de tratamento da água	75
2.2.6.1. Sistemas de tratamento	76
2.2.6.1.1. Sistemas de tratamento natural	78
2.3. O reuso da água	79
2.3.1. Conceito de reuso	79

2.3.2. Contaminantes na água de reuso	83
2.4. Uso eficiente da água	85
2.4.1. Indicador de eficiência	87
2.5. Uso sustentável da água	87
2.6. Uso da água em Portugal	88
2.6.1. Conservação da água em Portugal	90
2.6.2. Consumo da água em Portugal.....	90
2.7. Conflitos pela distribuição da água	93
2.8. Objectivos do estudo para a realização da dissertação	103
CAPÍTULO 3. Metodologia	104
3.1. Estudo 1 – Análise dos manuais	108
3.2. Estudo 2 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água	111
3.2.1. Concepções alternativas dos alunos	111
3.2.2. A aprendizagem para a mudança conceptual	112
3.2.3. Ensino experimental das ciências	114
3.2.4. Tratamento de situações problemáticas	115
3.2.5. Análise da resolução de problemas	116
3.2.6. Construção de conhecimentos	117
3.2.7. Avaliação	118
3.3. Levantamento das concepções alternativas	119
3.3.1. O desenho como método de recolha de dados	119
3.3.2. A representação mental do objecto	120
3.4. 1. ^a Fase: Estudo piloto	122
3.4.1. Construção das fichas de trabalho.....	122
3.4.2. Aplicação das fichas de trabalho.....	124
3.4.3. Categorização <i>a posteriori</i>	124
3.4.4. Validação	125
3.5. 2. ^a Fase: Generalização do estudo	125
3.6. 3. ^a Fase: Criação de materiais e organização das actividades experimentais.....	126
3.6.1. Construção da Mini-Depuradora	126
3.6.2. Construção da maquete	128
3.6.3. Planificação do diálogo	130

3.6.4. Filme sobre a ETAR	130
3.7. 4ª Fase: Estudo do ciclo do uso da água em contexto de sala de aula	133
3.7.1. Levantamento das concepções alternativas	133
3.7.2. Intervenção pedagógica	133
3.7.2.1. Funcionamento da mini-depuradora	133
3.7.2.2. Exploração da maqueta	135
3.7.2.3. Finalidade dos ensaios experimentais	135
3.7.2.4. Avaliação das aprendizagens	136
3.8. Estudo 3 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre a poluição agro-química	136
3.8.1. 1.ª Fase: Levantamento das concepções alternativas	136
3.8.1.1. Construção da ficha formativa	136
3.8.1.2. Aplicação da ficha formativa a alunos do 4.º ano	138
3.8.1.3. Categorização	138
3.8.2. 2.ª Fase: Criação de materiais e organização das actividades experimentais....	139
3.8.2.1. Construção dos “Kits” e fichas de procedimentos	139
3.8.2.2. Planificação da aula experimental	146
3.8.2.3. Organização da aula teórico-formal	147
3.8.3. Avaliação	147
3.9. Estrutura da parte empírica deste estudo	148
CAPÍTULO 4. Análise dos resultados	150
4.1. Resultados do estudo 1: análise dos manuais	151
4.1.1. 1.º Ciclo do Ensino Básico	152
4.1.2. 2.º Ciclo do Ensino Básico	156
4.1.3. 3.º Ciclo do Ensino Básico	161
4.1.4. Interligação entre o currículo e o conteúdo dos manuais	163
4.2. Resultados do estudo 2: Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água	173
4.2.1. Resultados dos alunos do 4.º ano - estudo piloto	173
4.2.1.1. Resultados da pergunta 1	176
4.2.2. 2.ª Fase. Generalização do estudo	177
4.2.3. Resultados da pergunta 2	182
4.2.4. Resultados da pergunta 3.....	185

4.2.5. Resultados da pergunta 4	188
4.2.6. Intervenção pedagógica	191
4.2.6.1. Evolução de uma turma ao longo de 2 anos.....	191
4.2.6.2. Processo de auto-formação da professora-investigadora	195
4.2.6.3. Actividade experimental com a turma do 3.º ano	195
4.2.6.4. Intervenção numa turma do 4.º ano.....	203
4.3. Estudo 3: Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre a poluição agro-química	213
4.3.1. Diagnóstico das concepções alternativas dos alunos	213
4.3.2. Componente experimental	218
4.3.3. Componente teórico-formal	220
CAPÍTULO 5. Conclusões, Recomendações e Perspectivas Futuras.....	223
Referências Bibliográficas	230

Índice das Figuras

CAPÍTULO 1. Introdução Geral

Figura 1.1. Capa do livro “Antes que a Natureza Morra: Por uma ecologia política” (Dorst, 1973).	7
Figura 1.2. Capa do livro “Uma Terra Somente. A preservação de um pequeno planeta” (Ward e Dubos, 1972).	8
Figura 1.3. Capa do livro da “Declaração do Ambiente” (CNA, 1978).	9
Figura 1.4. Capa do livro da “Convenção sobre Diversidade Biológica” (ICN, 1997).	16
Figura 1.5. A. Capa do livro “ <i>O Mundo é a Nossa Casa</i> ” (Moreira, 1973); B. Capa do livro “ <i>O Mundo é a Nossa Casa</i> ” (Moreira <i>et al.</i> , 1975).	26
Figura 1.6. Capa do livro “A Água, a Terra e o Homem” (DGRN, 1988).	30
Figura 1.7. Capa do livro “As Aventuras de Gota-de-Água. A Água um Bem Precioso” (Instituto da Água, 1998).	31
Figura 1.8. Estrutura das fases mais significativas no processo de criação do Instituto do Ambiente, órgão responsável pela EA.	34

CAPÍTULO 2. A Água

Fig. 2.1. Diferentes concepções de meio entre um sincretismo pré-analítico até à visão sistémica, pós analítica (Adaptado de Astolfi, 1992).	42
Figura 2.2. Distribuição global de água doce e salgada na Terra.	59
Figura 2.3. Distribuição global de água doce na Terra. As respectivas percentagens correspondem: 68,7% a 24 060 000 km ³ , 30,1% a 10 530 000 km ³ , 0,3% a 93 000 km ³ e 0,9% a 320 000 km ³ (Shiklomanov, 1993).	60
Figura 2.4. Tipos de contaminação segundo a sua origem (Adaptado de López e Garcia, 1999).	65
Figura 2.5. Diferentes etapas de um processo integral de tratamento de águas residuais (Adaptado de Diaz <i>et al.</i> , 1994).	77

Figura 2.6. Esquema-resumo dos diferentes conceitos de reuso da água.	81
Figura 2.7. Potenciais tipos de reuso da água (Hespanhol, 1994).	82
Figura 2.8. Relação consumo/custo da água por sector em Portugal em 2000 (PNUEA, 2004)..	89
Figura 2.9. Consumo de água por regiões entre 2002 e 2004. Aumento geral do consumo, com destaque para as Regiões Autónomas e Algarve.	91

CAPÍTULO 3. Metodologia

Figura 3.1. Esquema simplificado do ciclo do uso da água.....	123
Figura 3.2. Modelo da pergunta 1: “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?”.....	123
Figura 3.3. Modelo da pergunta 2: “Como chega a água às torneiras da tua casa?”.....	123
Figura 3.4. Modelo da pergunta 3: “Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?”.....	124
Figura 3.5. Modelo da pergunta 4: “Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?”.....	124
Figura 3.6. Mini-depuradora utilizada no ensaio experimental.	127
Figura 3.7. Esquema de montagem utilizado nesta actividade experimental.	127
Figura 3.8. Filtro usado na bacia de filtração da mini-depuradora.	128
Figura 3.9. Maqueta representativa de rede de abastecimento com divergência de canos para as diferentes habitações.	129
Figura 3.10. Sistema de rede de abastecimento utilizado na maqueta (Fig. 3.9).....	129
Figura 3.11. Vista geral da maqueta.....	130
Figura 3.12. Capa do CD sobre o “Tratamento de Águas Residuais do Ave”	131
Figura 3.13. Os alunos da turma do 3.º ano a misturarem água com solo.....	134

Figura 3.14. Os alunos da turma do 3.º ano a adicionarem a substância floculante à água com solo.....	134
Figura 3.15. Água recolhida na bacia receptora após ensaio experimental.....	135
Figura 3.16. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1) e após tratamento (2).....	135
Figura 3.17. Desenho da ficha formativa composto por um conjunto de três gravuras...	137
Figura 3.18. “Kit” individual formado pelo conjunto dos reagentes e materiais a utilizar por grupo.	140
Figura 3.19. Ficha de procedimentos para determinar a temperatura das amostras de água e tabela de registo dos resultados.	141
Figura 3.20. Ficha para determinar o pH nas amostras de água.....	142
Figura 3.21. Ficha para determinar a concentração de cloro presente nas amostras de água.	142
Figura 3.22. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de nitratos presente nas amostras de água.....	143
Figura 3.23. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de nitritos presente nas amostras de água.....	144
Figura 3.24. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de amónia presente nas amostras de água.	145

CAPÍTULO 4. Análise dos resultados

Figura 4.1. Capas dos quatro manuais analisados do 1.º Ciclo do Ensino Básico: 1º ano (Freitas, 1999); 2.º ano (Freitas, 2000); 3.º ano (Neto, 2002a); 4.º ano (Neto, 2002b).....	151
Figura 4.2. Os lixos das fábricas são despejados em lixeiras, contaminando as águas subterrâneas, dos rios, do mar... (Neto, 2002a).	154
Figura 4.3. Pedreira de xisto em Vila Nova de Foz-Côa (Neto, 2002a).	155

Figura 4.4. Esquema simplificado de algumas etapas do tratamento da água numa ETA (Estação de Tratamento de Água) existente no manual do 5.º ano - Parte 2 (Motta <i>et al.</i> , 2002a).....	158
Figura 4.5. Ciclo das águas residuais domésticas (Motta <i>et al.</i> , 2002a).....	159
Figura 4.6. Esquema da ordem sequencial dos conteúdos do manual do 5.º ano.	160
Figura 4.7. Esquema organizador dos quatro temas gerais a desenvolver no Ensino Básico (Adaptado do Ministério da Educação, 2001).	166
Figura 4.8. Esquema organizador do tema <i>Sustentabilidade na Terra</i> (Ministério da Educação, 2001).	167
Figura 4.9. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Cátia, 9 anos, 2003), que foi classificada como cano.	174
Figura 4.10. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Ana Alexandra, 10 anos, 2003) (fábrica de água = depósito) que foi classificada como depósito.....	174
Figura 4.11. Exemplo de resposta à pergunta 1 de um aluno do 4.º ano (Emiliano, 11 anos, 2003) (depósito de tratamento = depósito), que foi classificada como depósito... ..	174
Figura 4.12. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Francisca, 9 anos, 2003) (nascente = origem natural) que foi classificada como sendo de origem natural.....	175
Figura 4.13. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Diana, 9 anos, 2003) (lençol freático = origem natural) que foi classificada como sendo de origem natural.	175
Figura 4.14. Exemplo de resposta à pergunta 1 de um aluno do 4.º ano (Pedro Miguel, 9 anos, 2003) que foi classificada como poço.....	175
Figura 4.15. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 1 com os alunos do 4.º ano (n=19), em relação aos pontos de captação de água.....	176
Figura 4.16. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.15 pelo tipo de habitação (n=19).....	177

Figura 4.17. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 1.º ano (n = 18).....	177
Figura 4.18. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 2.º ano (n = 19).....	178
Figura 4.19. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 3.º ano (n = 22).....	179
Figura 4.20. Resultados globais à pergunta 1 obtidos nos diferentes anos e pelas categorias consideradas.....	180
Figura 4.21. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.17 pelo tipo de habitação (casa, n=8; andar, n=10).....	180
Figura 4.22. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.18 pelo tipo de habitação (casa, n=15; andar, n=5).....	180
Figura 4.23. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.19 pelo tipo de habitação (casa, n=8; andar, n=14).....	181
Figura 4.24. Resultados globais obtidos relacionando o tipo de habitação com o tipo de captação de água referido pelos alunos dos quatro anos de escolaridade.....	181
Figura 4.25. Exemplo de resposta à pergunta 2 de uma aluna do 4.º ano (Diana Filipa, 9 anos, 2003), que foi classificada como cano.	182
Figura 4.26. Exemplos de resposta à pergunta 2 que foram classificadas como tubos ou canos sem ligação entre si. [A] aluna do 4.º ano (Sara, 9 anos, 2003) e [B] aluno do 4.º ano (Pedro Miguel, 9 anos, 2003).	183
Figura 4.27. Exemplo de resposta à pergunta 2 de uma aluna do 4.º ano (Francisca, 9 anos, 2003), que foi classificada como tubos ou canos com ligação entre si.....	183
Figura 4.28. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 2 com os alunos do 4.º ano (n=19). (A) Tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação entre si; (C) tubos ou canos interligados.....	184
Figura 4.29. Resultados globais à pergunta 2 obtidos nos diferentes anos e pelas categorias consideradas. (A) Tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação entre si; (C) tubos ou canos interligados.....	185

Figura 4.30. Exemplo de resposta à pergunta 3 de uma aluna do 4.º ano (Sílvia, 9 anos, 2003). (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem.	186
Figura 4.31. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 3 com os alunos do 4.º ano. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	186
Figura 4.32. Resultados globais obtidos nos 4 anos de escolaridade à pergunta 3 no que refere à utilidade da água. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	187
Figura 4.33. Exemplo de resposta à questão 4 de uma aluna do 4.º ano (Rita, 9 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada como esgoto, ou seja, saneamento básico.	188
Figura 4.34. Exemplo de resposta à questão 4 de uma aluna do 4.º ano (Marta, 9 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada em descarga a céu aberto.....	188
Figura 4.35. Distribuição relativa dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos do 4.º ano (N=19). (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto.....	189
Figura 4.36. Exemplo de resposta à questão 4 de um aluno do 3.º ano (Tiago Alberto, 8 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada como fossa.....	190
Figura 4.37. Resultados globais obtidos nos 4 anos de escolaridade à pergunta 4 no que refere ao destino da água após utilização. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.....	190
Figura 4.38. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 1 com os mesmos alunos no 2.º e no 3.º anos.....	192
Figura 4.39. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 2, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (A) Tubo ou cano; (B) Tubos ou canos sem ligação; (C) Tubos ou canos interligados.....	193
Figura 4.40. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 3, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	193

Figura 4.41. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 4, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.....	194
Figura 4.42. Turma do 3.º ano que participou no ensaio experimental sobre a mini-depuradora.....	196
Figura 4.43. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1) e após o tratamento (2).	197
Figura 4.44. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 1 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental.....	200
Figura 4.45. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 2 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.....	201
Fig.4.46. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 3 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	202
Figura 4.47. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.....	202
Figura 4.48. Turma do 4.º ano que participou no ensaio experimental sobre a mini-depuradora.....	203
Figura 4.49. Aluno da turma do 4.º ano a participar na primeira fase do ensaio experimental.....	204
Figura 4.50. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1), depois do processo de sedimentação (2), e após o tratamento (3).....	204
Figura 4.51. Observação e estudo da maqueta pela turma do 4.º ano.....	205
Figura 4.52. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 1 com os alunos do 4.º ano (N=24) antes e após a actividade experimental.....	207
Figura 4.53. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 1 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto.....	208

Figura 4.54. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.53 para os alunos no 4.º ano (casa, n=15; andar, n=9) em 2005.....	208
Figura 4.55. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 2 com os alunos no 4.º ano antes e após a actividade experimental. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.....	209
Figura 4.56. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 2 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.	210
Figura 4.57. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 3 com os alunos no 4.º ano antes e após a actividade experimental. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	210
Figura 4.58. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 3 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.....	211
Figura 4.59. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos no 4.º ano antes e após a actividade experimental. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.....	212
Figura 4.60. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 4 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.....	212
Figura 4.61. Pintura do desenho, 1.ª parte da ficha formativa de uma aluna do 4.º ano (turma G, Vera, 9 anos).....	214
Figura 4.62. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma G. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que	

chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde..... 215

Figura 4.63. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma B. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde..... 218

Figura 4.64. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma G antes (A) e após (D) as actividades experimentais. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde..... 219

Figura 4.65. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma B antes (A) e após (D) a intervenção teórico-formal. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega

às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde..... 221

Figura 4.66. Distribuição das percentagens de respostas *Correctas* obtidas nas duas turmas G e B, nomeadamente, com actividade experimental (Ac = Alunos com actividade experimental) e sem actividade experimental (As = Alunos sem actividade experimental). As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?..... 222

Índice das tabelas

Capítulo 2. A Água

Tabela 2.1. Selecção de rios transfronteiriços, bacias hidrográficas e países ribeirinhos. Adaptado de Wolf <i>et al.</i> 1999).....	62
Tabela 2.2. Água potável captada nos diferentes países e utilizada por sector. Adaptado de World's Water. <i>Freshwater Withdrawal by Country and Sector</i> (http://www.worldwater.org/table2.html ; 20 de Abril de 2002).	63
Tabela 2.3. Directrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura (Shuval <i>et al.</i> 1986).	84
Tabela 2.4. Volumes de água captada para abastecimento por região em 2004 (Unidade: 10 ⁶ m ³) (INE, 2004; Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas do Ambiente 2004; www.ine.pt ; 15 de Janeiro de 2006).	92
Tabela 2.5. Consumo de água por tipo de uso em 2004 (Unidade: 10 ⁶ m ³) (INE, 2004; Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas do Ambiente 2004; www.ine.pt ; 15 de Janeiro de 2006).	93
Tabela 2.6. Sequencia dos de factos ou conflitos relacionados com água através dos tempos (Clarke e King; 2004 e Gleik, 2004).....	96

CAPÍTULO 3. Metodologia

Tabela 3.1. Temporização e conteúdos fundamentais do filme sobre o “Tratamento de Águas Residuais do Ave”.	131
Tabela 3.2. Possíveis respostas correctas às perguntas do questionário da ficha formativa.	139

CAPÍTULO 4. Análise dos resultados

Tabela 4.1. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Estudo do Meio do 3.º ano (Neto, 2002a).	152
Tabela 4.2. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Estudo do Meio do 4º ano (Neto, 2002b).	153
Tabela 4.3. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual do 5.º ano – Parte 2 (Motta <i>et al.</i> , 2002a).....	157
Tabela 4.4. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Geografia do 9.º ano (Santos e Lopes, 2001).	162

Tabela 4.5. Objectivos gerais e competências essenciais a desenvolverem ao longo do 3.º Ciclo.....	172
Tabela 4.6. Resumo dos resultados obtidos nas análises efectuadas às 5 amostras de água de diferentes pontos de captação e os valores VMA legais.....	219
Tabela 4.7. Diferença percentual para as respostas <i>Correctas</i> obtidas na ficha formativa aplicada aos alunos da turma G, antes e depois da intervenção experimental. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?.....	220
Tabela 4.8. Diferença percentual para as respostas <i>Correctas</i> obtidas na ficha formativa aplicada aos alunos da turma B, antes e depois da intervenção teórico-formal. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?.....	221

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1.1. Gênese da consciência ecológica

A consciência ecológica emerge no período pós Segunda Guerra Mundial, quando sectores da sociedade ocidental industrializada reagem aos impactes destrutivos provocados pelo desenvolvimento técnico-científico e urbano industrial sobre o ambiente natural e construído. É o despertar da compreensão e de novas sensibilidades para a problemática da degradação do ambiente e das consequências nefastas desse processo para a qualidade de vida humana e para o futuro das espécies em geral. Esta nova concepção ou perspectiva de ver e compreender as interrelações entre a humanidade e o ambiente, permite constatar a indissociabilidade entre a sociedade e a natureza e de compreender a indispensabilidade desta para a vida humana. Indica ainda, a procura de um novo relacionamento com ecossistemas naturais que transpõe a perspectiva individualista antropocêntrica e usufruista que sempre caracterizou a cultura e civilizações modernas ocidentais (Morin, 1975; Leis, 1992; Unger, 1992; Boff, 1995). Mas é Morin (1975), o autor que melhor define o conceito de consciência ecológica e que a seguir se transcreve:

“...a consciência ecológica é, historicamente, uma maneira radicalmente nova de apresentar os problemas de insalubridade, nocividade e de poluição, até então julgados excêntricos, com relação aos “verdadeiros” temas políticos; esta tendência torna-se um projecto político global, já que ela critica e rejeita, tanto os fundamentos do humanismo ocidental, quanto aos princípios do crescimento e do desenvolvimento que propulsam a civilização tecnológica.”

Passados mais de dois milénios da era cristã e após sucessivos anos de evidências demonstrativas da degradação do Planeta, a espécie humana, denominada racional, começa a tomar consciência sobre o tipo de actividades humanas que foram conduzindo a Terra à degradação ecológica. Esta situação, nem sequer iluminou a humanidade a antever atempadamente que degradando o meio estaria a comprometer o seu próprio futuro. Hoje, que o grau de destruição dos habitats é altamente crítico, são quase unânimes, embora por vias diferentes, os termos apocalípticos e pessimistas em que se expressam alguns autores (Lorenz, 1975; Worster, 1988; Brundtland, 1991; Al Gore, 1993). Estes expressam-se, por exemplo, dizendo que nunca na nossa história o mundo orgânico que nos rodeia se viu

envolvido em tanto problema. Estamos a criar um meio ambiente (entendido este como ambiente próximo) de feridas, desorganização e morte.

Os problemas ambientais assumiram, nos últimos 50 anos, uma centralidade e presença marcantes na vida quotidiana. Estão presentes nas nossas vidas, nas culturas actuais e nas subjectividades individuais e colectivas. Enquanto se sucedem notícias preocupantes sobre ambiente, as pessoas habituaram-se a escutá-las mais incrédulas que preocupadas, mas deixando a aplicação de medidas para um amanhã que nunca chega e cuja solução básica do nosso ponto de vista passará pela Educação Ambiental (EA).

A educação não se restringe ao âmbito escolar mas tem uma abrangência muito mais ampla, como refere Lawrence (1972):

“A educação tem uma responsabilidade ilimitada, que se estende para além da escola e do meio social e afecta a própria vida e o ser do próprio Estado. O futuro do Estado e, não obstante, a sua sobrevivência depende da qualidade da sua educação...”

É a educação, enquanto prática social, um dos veículos que traduz os ideais da sociedade. Apesar da análise concludente de Lorenz (1975) a respeito dos fenómenos da desumanização (sobrepopulação, destruição do espaço vital e natural, atrofia dos sentimentos profundos, etc.) que ameaçam a Terra no seu conjunto, a chamada educação integral reúne um conjunto de blocos de diferentes áreas (por exemplo, educação plástica, musical, viária ou rodoviária, sexual, física, cidadania, ambiental, etc.) que embora sem conteúdo significativo, podem contribuir para o desenvolvimento pessoal e social de cada aluno.

Compreender e aplicar o que em si encerra a EA, é uma medida urgente para alterar o comportamento e as atitudes dos indivíduos e grupos sociais. Entender a EA, no sentido mais profundo do termo, pressupõe a alteração de valores. A questão fundamental é que os currículos escolares incorporem um novo conhecimento e saberes interrelacionados

capazes de descobrir a Terra como uma pátria, a Terra como um sistema¹. Neste sentido, iremos aprofundar, na próxima secção, a evolução da EA.

1.2. Evolução da Educação Ambiental

Ao longo do tempo, várias iniciativas foram tomadas em benefício do ambiente até à sua prática efectiva.

1895 - O “National Trust” fundado na Grã-Bretanha administrava um elevado número de recantos naturais transformados em reservas (Dorst, 1973).

1913, 1928, 1932 e 1946 – Primeiras Conferências pró-natureza realizadas na Suíça.

1932 - 1.º Congresso Internacional para a Protecção da Natureza, em Paris (Floriano, 2004).

1949 - 1.ª Conferência das Nações Unidas sobre os Problemas do Meio Ambiente realizadas em Nova Iorque. Nesta conferência foram abordados temas essenciais relevantes como a degradação dos oceanos, rios mares, contaminação industrial, gestão de dejectos perigosos, a migração para os centros urbanos, as mudanças climáticas e o desenvolvimento nuclear (Capriles, 2003). Fundado o “Nature Conservancy”, organismo mais representativo e o único oficialmente responsável pela conservação da natureza (Dorst, 1973).

1961 - Criação da Fundação Mundial para a Natureza (WWF - Worldwide Wildlife Found).

1962 - Rachel Carson publica o livro “Primavera Silenciosa” como um sinal de alerta para acção de degradação do Homem sobre o ambiente, denunciando os efeitos dos agrotóxicos na saúde do homem e das espécies vivas em geral.

¹ Galano, C. *Programa de Educación para o Desarrollo Sustentable. Enfoques de Educación Ambiental*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Salud Argentina. www.medioambiente.gov.ar/education/enfoques/carlos_galano.htm; 16 de Junho de 2004

1965 - Conferência de Educação na Universidade de Keele (Inglaterra), onde foi aflorada a ideia de EA como ecologia aplicada e como parte essencial na formação dos cidadãos. Os países nórdicos (Suécia, Dinamarca, Finlândia, Islândia e Noruega) apresentaram uma proposta em que valorizavam a EA nos currículos do ensino básico.

1968 - Carta Europeia da Água proclamada pelo Conselho da Europa, em Estrasburgo². A Assembleia das Nações Unidas exprime já uma preocupação no que respeita às repercussões das alterações súbitas do meio sobre a condição do homem, o seu bem-estar físico, mental e social. Neste mesmo ano convoca a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. Na continuação da Conferência Internacional dos Direitos do Homem, em Teerão, apelava-se já a um equilíbrio entre o progresso técnico-científico e a elevação intelectual, espiritual, cultural e moral da Humanidade, a Assembleia da ONU chamou à atenção para a interdependência entre a protecção do ambiente e os direitos do homem (Antunes, 1997). Fundada a primeira organização governamental responsável pela educação ambiental de maneira formal conhecida, o Conselho para a Educação Ambiental do Reino Unido. É criado o Clube de Roma (Floriano, 2004) que congregou industriais, economistas e humanistas, que na sua primeira reunião enfatizou a urgência da conservação dos recursos naturais e não renováveis e o controlo demográfico.

1969 - Lançamento do Jornal de Educação Ambiental (Journal of EE - Environmental Education) nos EUA.

1970 – Nas décadas de 1950 e 1960 assistiu-se a situações problemáticas que conduziram à crise ambiental verificada na década de 70. São exemplos, no que respeita à água, a intoxicação com mercúrio em Minamata e Niigata (Japão), respectivamente, em 1953 e 1965, o decréscimo da vida aquática em alguns dos Grandes Lagos norte-americanos, a morte de aves resultante da utilização do DDT (pesticidas de diclorodifeniltricloroetano) e outros pesticidas e a contaminação do mar causada pelo naufrágio do petroleiro Torrey Canyon, em 1967, entre outros³. Este último acontecimento, o naufrágio do petroleiro,

² *Carta Europeia da Água*
www.aprh.pt/Arquivo/Brochuras/cartaeur2htm; 8 de Julho de 2004

³ *História/Os anos 1970*
<http://www.bio2000.hpg.ig.com.br/historia2.htm>; 25 de Maio de 2004

provocou uma grande maré negra formada pelos hidrocarbonetos, acrescida pela adição dos detergentes para emulsão das gorduras e limpeza das praias afectadas (Dorst, 1973). É também nesta década que descobertas na área do conhecimento científico ajudavam a perceber a emergente globalidade dos problemas ambientais. Grande parte dos conhecimentos actuais dos sistemas ambientais do mundo foram desenvolvidos neste período. Simultaneamente, assiste-se a um desenvolvimento progressivo da ecologia e de outras ciências com ela relacionada. A revista britânica “The Ecologist” publica o “Manifesto para a Sobrevivência”, alertando para o esgotamento dos recursos naturais (Goldsmith *et al.*, 1972).

1971 – Primeira Reunião do Conselho Internacional de Coordenadores do Programa sobre o Homem e a Biosfera (Programa “MAB – Man and Biosphere”). O Programa MAB surge como um projecto descentralizado que opera através de um conjunto de Comités Nacionais estabelecidos nos estados membros da UNESCO que, nas suas declarações de princípios, refere a necessidade de levar a cabo “um programa interdisciplinar de investigação que atribua especial importância ao método ecológico no estudo das relações entre a humanidade e o meio” (UNESCO, 1971). O objectivo geral do Programa MAB fixa o seguinte:

“Proporcionar os conhecimentos fundamentais de ciências naturais e de ciências sociais necessários para a utilização racional e a conservação dos recursos da biosfera e para o melhoramento da relação global entre o homem e o meio, assim como para predizer as consequências das acções de hoje sobre o mundo de amanhã, aumentando assim a capacidade do homem para ordenar eficazmente os recursos naturais da biosfera” (UNESCO, 1971).

Este documento fixa sete objectivos, e no sétimo precisa que é necessário fomentar a educação mesológica. É um projecto científico ambicioso que inclui entre os seus objectivos básicos o desenvolvimento da educação sobre o meio. O termo mesológico foi utilizado para adjectivar a educação quando esta se referia à problemática ambiental. À medida que o cidadão comum toma consciência dos problemas da contaminação, da energia ou da água, surge o termo ambiental em substituição do mesológico.

1971 – Conferência de Praga, denominada Simpósio de Praga sobre Problemas do Ambiente, promovida pelas Nações Unidas. O Relatório Founex (Suíça) foi elaborado por um grupo de cientistas que fez um balanço de contrastes entre os países desenvolvidos e os países em vias de desenvolvimento, afirmando uma perspectiva valorativa e educacional com a *prioridade ambiental* como condição do crescimento económico, assim como uma responsabilidade solidária, individual e colectiva para com os recursos mundiais enquanto património comum, natural e histórico-social da humanidade. Este, é o mais importante documento preparatório para a Conferência de Estocolmo, em 1972 (Carneiro, 2000). Jean Dorst, vice-presidente da Comissão de Preservação, da União Internacional para a Conservação da Natureza, publica em 1971 o livro (traduzido para português) “Antes que a Natureza Morra: Por uma Ecologia Política”, onde analisa a relação Homem/Ambiente, que ainda hoje é uma obra de referência (Fig.1.1).

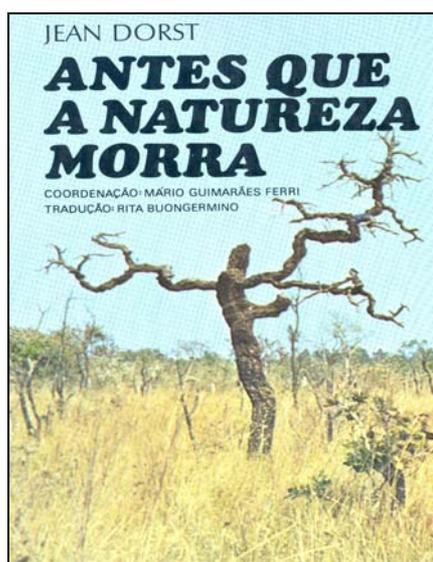


Figura 1.1. Capa do livro “Antes que a Natureza Morra: Por uma ecologia política” (Dorst, 1973).

1972 - Conferência de Estocolmo, de 5 a 16 de Junho, convocada pelas Nações Unidas sobre o Ambiente Humano foi dos acontecimentos mais importantes, até ao momento, sobre a problemática ambiental no mundo. Para a sua preparação foi organizado um relatório não oficial com o título original “Only one Earth”, traduzido para o português como “Uma Terra Somente” (Fig.1.2).

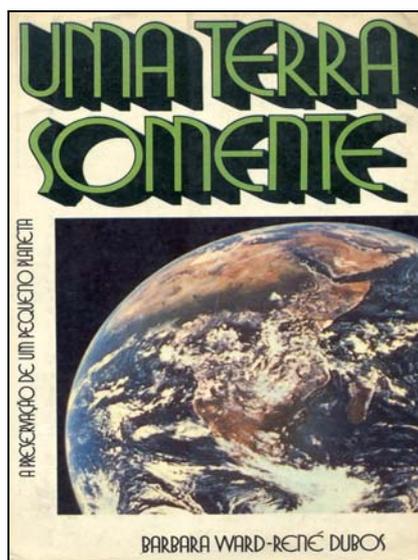


Figura 1.2. Capa do livro “Uma Terra Somente. A preservação de um pequeno planeta” (Ward e Dubos, 1972).

Nesta conferência foi aprovada a Declaração do Ambiente (Fig.1.3) e enumerados princípios comuns para a preservação e melhoria do ambiente humano. Se o princípio 19 confere uma prioridade evidente dada à sensibilização com a finalidade de desenvolver uma nova responsabilidade colectiva da sociedade, os princípios 2 e 7, por sua vez, referem a preservação e a necessidade de impedir a poluição da água (CNA, 1978). Pela sua importância transcrevem-se de seguida:

Princípio 2 – “Os recursos naturais do Globo, incluindo o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e, em especial, amostras representativas dos ecossistemas naturais, devem ser salvaguardados no interesse das gerações presentes e futuras, mediante planeamento e ou gestão cuidadosa, como apropriada”.

Princípio 7 – “Os estados devem adoptar as medidas possíveis para impedir a poluição dos mares com substâncias susceptíveis de porem em risco a saúde humana, prejudicarem os recursos biológicos e a vida dos organismos marinhos, danificarem as belezas naturais ou interferirem com outros usos legítimos do mar”.

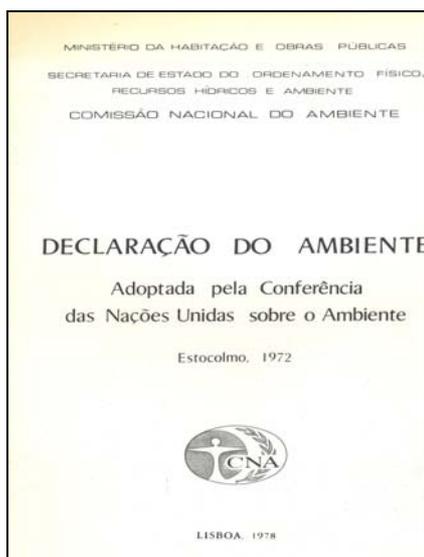


Figura 1.3. Capa do livro da “Declaração do Ambiente” (CNA, 1978).

Esta mesma conferência estabeleceu um Plano de Acção Mundial com a finalidade de inspirar e orientar a humanidade para a preservação e melhoria do ambiente humano. Também reconheceu o desenvolvimento da Educação Ambiental como o elemento fundamental para o combate à crise ambiental no mundo e a necessidade de formação dos professores nesta área. No seguimento de Estocolmo, os Chefes de Estado e de Governo adoptaram a primeira declaração comunitária sobre Ambiente, “convidando” simultaneamente a Comissão Europeia a apresentar um programa de acção. É então que a comunidade define assumidamente Ambiente no Jornal Oficial das Comunidades Europeias (Antunes, 1997). Ambiente, neste contexto, significa a combinação de elementos cujas complexas interrelações formam o enquadramento, as circunstâncias e as condições de vida do indivíduo ou da sociedade, tal como são sentidos.

1973 - Criação do Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente/PNUMA, voltado para a relação entre meio ambiente e desenvolvimento.

1974 - O Seminário realizado em Tammi pela Comissão Nacional Finlandesa para a UNESCO, desencadeou as discussões em relação à natureza da EA e os acordos foram compilados nos “*Princípios de Educação Ambiental*”. O Seminário concluiu que a EA

permite alcançar os objectivos de protecção ambiental e uma efectiva educação integral permanente⁴.

1975 - Desde 1973 a 1975, A UNESCO e a PNUMA promoveram vários seminários e oficinas, em vários países, culminando com o Seminário Internacional de EA e a elaboração da Carta de Belgrado. Este documento parte do pressuposto que o desenvolvimento da EA é um dos elementos fundamentais para o combate geral à crise ambiental mundial, devendo, para o efeito, assentar sobre uma ampla base e estar em estreita sintonia com os princípios fundamentais constantes na Declaração das Nações Unidas sobre o estabelecimento de uma nova ordem económica internacional.

O Seminário Internacional de Belgrado serviu de plataforma de lançamento do Programa Internacional de EA/PIEA. Dos debates deste Seminário saiu a Carta de Belgrado, unanimemente aceite pelos participantes, onde são fixados os conceitos básicos que servirão de referência obrigatória para qualquer programa educativo ambiental, estabelecendo as metas e os objectivos. As metas da EA constantes na Carta de Belgrado são: conseguir que a população mundial tenha consciência do meio ambiente e se interesse por ele e pelos seus problemas conexos e conte com os conhecimentos, aptidões, atitudes, motivações e desejos necessários para trabalhar individual e colectivamente na busca de soluções dos problemas actuais e para prevenir os que possam surgir posteriormente (UNESCO/PNUMA, 1975).

1976 - Conferência Geral da UNESCO que inclui a AE entre os seus objectivos a médio prazo, de 1977 a 1982 (Molero, 1996). No âmbito do direito, Portugal tem o reconhecimento constitucional da existência de direitos e deveres na área do ambiente. Na versão originária da Constituição Portuguesa de 1976⁵ não havia referência à Educação Ambiental. Já a versão final da Constituição⁶ do mesmo ano, estabelece princípios, no seu

⁴ *A Conferência de Estocolmo, 1972*

www.mauroles.hpg.ig.com.br/estocolmo.htm; 25 de Maio de 2004

⁵ *Constituição da República Portuguesa*, (versão originária) 1976

http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_4711_1_0001.htm; 12 de Outubro de 2004

⁶ *Constituição da República Portuguesa*, 1976; Documento Versão 5-Final

http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_4711_5_0001.htm#b0009; 12 de Outubro de 2004

Art.º 66.º (modificado), “*Ambiente e qualidade de vida*”, sendo de destacar os seguintes (Versão 5-final, Constituição Portuguesa, 1976):

Ponto 1. Todos têm direito a um ambiente de vida humano sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.

Ponto 2.

alínea d) Promover o aproveitamento racional dos recursos naturais, salvaguardando a sua capacidade de renovação e a estabilidade ecológica, com respeito pelo princípio da solidariedade entre gerações;

alínea g) Promover a educação ambiental e o respeito pelos valores do ambiente;

alínea h) Assegurar que a política fiscal compatibilize desenvolvimento com protecção do ambiente e qualidade de vida.

1977 - A Conferência Intergovernamental de EA de Tbilisi, Rússia, foi o acontecimento mais significativo na história da EA porque nela se estabeleceram os critérios e directrizes necessárias que deveriam inspirar todo o desenvolvimento deste movimento educativo nas décadas subsequentes. Nela se incitam os Organismos Internacionais (UNESCO e PNUMA) a continuar os esforços no desenvolvimento da EA na Comunidade Internacional para que possa alicerçar-se em todos os países. Conferência das Nações Unidas sobre Água realizada na Argentina que visou o desenvolvimento de políticas nacionais e planos para melhorar o acesso de água às populações⁷. ONU decidiu convocar a I Conferência das Nações Unidas sobre a Água que foi realizada em Março de 1977, em Mar da Prata, Argentina. Esta Conferência foi o primeiro encontro especializado para tratar os problemas da água (Capriles, 2003).

1978 - Conferência Geral da UNESCO, celebrada em Paris, inclui actividades de EA nos programas e pressupostos, nesta e nas três seguintes: Conferência de Belgrado (1980, 21.ª sessão), Conferência de Paris (1983, 22.ª sessão) e Conferência de Sofia (1985, 23.ª sessão; de acordo com as recomendações emanadas de Tbilisi).

⁷ UNDP, 1997; *Sustainable Water Management*
<http://www.undp.org/seed/water/strategy/4.htm#42>; 10 de Junho de 2005

1979 - A UNESCO e PNUMA realizaram o Seminário de Educação Ambiental para a América Latina na Costa Rica.

1980 - Assembleia Geral das Nações Unidas realizada em Nova Iorque definiu a Declaração da Década Internacional da Água Potável e do Saneamento⁸.

1982 - Reunião Internacional de Especialistas (Paris) sobre EA, destinada a reflectir o estado em que se encontrava a EA ao iniciar-se esta década e as tendências que prefiguravam o futuro imediato desta dimensão educativa. Convenção de Direito do Mar (UNCLOS) em Montego Bay, Jamaica.

1983 - Foi constituída pela ONU a Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, mais conhecida por Comissão Brundtland, para estudar de forma interrelacionada os problemas ambientais que afectavam o planeta no seu conjunto.

1985 - Convenção de Viena para a Protecção da Camada de Ozono.

1986 - A entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE) constituiu um marco determinante para uma maior visibilidade da política nacional de ambiente. Foram acelerados os mecanismos político-jurídicos em combinação com linhas comunitárias de financiamento (dois Quadros Comunitários de Apoio) que funcionaram até ao final de 1999. Foi implementado o processo de institucionalização da Política do Ambiente que conduziu à publicação de dois diplomas fundamentais: Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 11/87) e a Lei das Associações de Defesa do Ambiente⁹ (Lei n.º 10/87 de 4 de Abril) Inicia-se um processo de transição e integração de directivas comunitárias abrangendo diferentes áreas. A Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 46/86) (alterada pela Lei n.º 115/97 de 19 de Setembro em aspectos não relacionados com a EA) reconhece a EA nos novos objectivos de formação dos alunos, definição abrangente a todos os níveis de ensino,

⁸ *V. Resolutions adopted on the reports of the Second Committee, 1980*
<http://www.un.org/documents/ga/res/35/a35r18e.pdf>; 10 de Junho de 2005

⁹ *A Educação Ambiental nos últimos anos em Portugal*
<http://gov.pt/PortalJuventude/EstilosVida/Ambiente/EducaoAmbientaI>; 6 de Julho de 2004

apesar de uma evolução lenta. Conferência de Seul sobre Águas Subterrâneas Internacionais criou regras para evitar a poluição em águas subterrâneas internacionais¹⁰.

1987 - Protocolo de Montreal sobre as substâncias que rarefazem a Camada de Ozono. Congresso Internacional sobre EA e Formação UNESCO/PNUMA (Moscovo) propõe já uma Estratégia Internacional de Acção no âmbito da EA e da formação para os anos noventa. O objectivo fundamental desta Conferência era realizar o balanço da aplicação pelos estados membros da Conferência de Tbilisi e propor estratégias para o desenvolvimento da EA para o decénio de 90. O propósito fundamental da EA é mostrar claramente as interdependências económicas, políticas e ecológicas do mundo moderno, dado que as decisões e comportamentos dos países podem reflectir-se internacionalmente. Publicação do relatório (Abril de 1987), “*O Nosso Futuro Comum* ou *Relatório Brundtland*”, onde são estabelecidos os vínculos entre os modelos de desenvolvimento e a problemática ambiental e se propõe as directrizes de um desenvolvimento sustentável. Esta nova e importante concepção conduz a que a partir daquele momento se incorpore os princípios do desenvolvimento sustentável na EA. O desafio destes princípios era ajudar as pessoas a compreender as inter-relações globais do Planeta, para um compromisso de acção directa no seu meio, ou seja, pensar globalmente, actuar localmente. Este relatório é um marco referencial a nível planetário, que reforça o conceito de desenvolvimento sustentável e a indissociabilidade entre o desenvolvimento económico e o estado do ambiente. A aprovação do Acto Único Europeu provoca uma alteração decisiva, a nível comunitário, na política ambiental porque deixa de estar na sombra e institucionaliza-se como política comum. Um capítulo é especificamente dedicado ao ambiente (Título XVI-Ambiente; artigos 130R, 130S e 130T). Posteriormente, no Tratado de Maastricht¹¹, o Art.º 130R refere os seguintes princípios: a preservação, a protecção e a melhoria da qualidade de vida; a protecção da saúde das pessoas; a utilização prudente e racional dos recursos naturais; a promoção, no plano internacional, de medidas tendentes a enfrentar os problemas regionais ou mundiais do ambiente.

¹⁰ *The Seoul Rules on International Groundwaters*, 1986
http://www.internationalwaterlaw.org/IntlDocs/Seoul_Rules.htm; 5 de Junho de 2005

¹¹ *Tratado de Maastricht.*, 1992; Título XVI - O Ambiente (Artigo 130R)
<http://dupond.ci.uc.pt/CDEUC/TRIII.HTM>; 9 de Julho de 2004

1990 - Cimeira Mundial das Crianças realizada em Nova Iorque destacou que o que mais afecta a saúde das crianças é a disponibilidade de água potável e de condições sanitárias¹².

1992 - As Nações Unidas, através da resolução A/RES/47/193, de 22 de Dezembro, estabeleceram o dia 22 de Março de cada ano como o Dia Mundial da Água. Este dia tem sido marcado, desde 1993, com várias iniciativas nacionais e internacionais com a finalidade de sensibilizar o público em geral para a necessidade de conservar os recursos hídricos e para algumas questões em particular, também relacionadas com a água¹³. Neste ano realiza-se a Convenção de Helsínquia sobre a protecção e utilização dos cursos de água transfronteiriços e de lagos internacionais. A segunda grande Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, organizada pela ONU, realizou-se em Dublin, Irlanda, em Janeiro de 1992, alguns meses antes da Cimeira do Rio, onde estiveram reunidas algumas das maiores autoridades mundiais sobre o tema “água doce”. Nesta conferência foi elaborada a Declaração de Dublin sobre a Água e Desenvolvimento Sustentável que no seu primeiro Princípio afirma: “a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para garantir a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente”. Na recomendação sobre “*Conservação e reaproveitamento da água*” aconselha-se uma melhor gestão dos recursos hídricos, tendo-se em conta melhores práticas de irrigação, programas de economia e reciclagem de água, adopção do princípio “poluidor-pagador” e políticas de usos múltiplos da água¹⁴. A Conferência de Dublin foi também preparatória da Cimeira do Rio (Capriles, 2003).

A Cimeira do Rio, ou Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, da qual sai a Declaração do Rio e a Carta da Terra, várias convenções (sobre Diversidade Biológica, Alterações Climáticas, Desertificação) e Agenda 21 – todos veiculando acordos e compromissos entre as nações, principalmente no sentido de implementarem políticas de desenvolvimento compatíveis com a protecção ambiental e

¹² *A promise to children*, 1990; *Cimeira Mundial das Crianças*;
<http://www.unicef.org/wsc>; 10 de Junho de 2005

¹³ *Nações Unidas e o Dia Mundial da Água*, 1992

<http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Agua/Documentos/doc16.htm>; 11 de Julho de 2005

¹⁴ *International Conference on Water and Environment*, 1992. *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development*

<http://www.unesco.org/science/waterday2000/dublin.htm>; 22 de Junho de 2004.

melhoria da qualidade de vida das populações, com base no princípio da sustentabilidade ambiental, sendo que o capítulo 36 dessa Agenda foca a educação como fundamental para a consciencialização ético-ambiental de sustentabilidade. Paralelamente à Conferência do Rio, ocorreu o Fórum Global da Sociedade Civil sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que produziu igualmente tratados e pareceres sobre a situação actual e futura do Planeta, saindo um Tratado de EA para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, onde se afirma a necessidade de uma educação para a cidadania, em benefício da qualidade de vida, a partir de um relacionamento mais consciente dos seres humanos entre si e com o meio.

A Declaração do Rio, no princípio 10, faz uma tímida referência à sensibilização das pessoas em matéria ambiental, como a seguir se transcreve:

“O melhor modo de tratar as questões ambientais é com a participação de todos os cidadãos interessados, em nível adequado. No plano nacional, todas as pessoas devem ter acesso adequado à informação sobre o meio ambiente de que disponham as autoridades públicas, incluindo a informação sobre os materiais e as actividades que ofereçam perigo nas suas comunidades, assim como a oportunidade de participar nos processos de decisões. Os Estados deverão facilitar e fomentar a sensibilização e a participação do público colocando a informação à disposição de todos. Deverá proporcionar-se o acesso efectivo aos procedimentos judiciais e administrativos, entre estes, o ressarcimento de danos e os recursos pertinentes” (MOPT, 1993).

No entanto, na Declaração do Rio, houve uma reunião denominada “*Jornada Internacional de EA*”, onde ficou expresso o interesse e a urgência de incorporar a EA na formação permanente de todas as pessoas, para além do nível etário abrangido pela educação formal de crianças e jovens. Outro documento saído da mesma Cimeira foi o *Tratado de EA para sociedades sustentáveis e responsabilidade global*, que demonstra o compromisso da sociedade com a mudança e simultaneamente coloca uma exigência aos governos para que alterem as suas políticas de desenvolvimento e atenção perante o ambiente. Do ponto de vista pedagógico, o Tratado refere que a EA tem que “formar cidadãos com consciência

local e planetária” e que “o conhecimento é diversificado, acumulado e produzido socialmente”.

A Convenção sobre a Diversidade Biológica (Fig. 1.4), no artigo 13, refere a educação e a consciência pública, estabelecendo a necessidade de promover e fomentar a compreensão da importância biológica e a sua conservação, através de programas de educação e sensibilização do público e que estes temas sejam incluídos nos programas educativos de carácter geral (ICN, 1997).

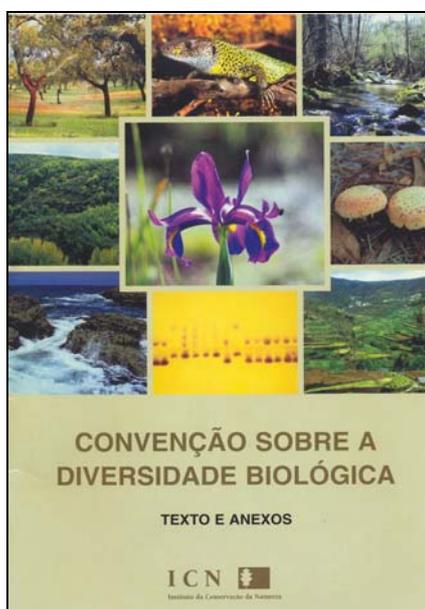


Fig. 1.4. Capa do livro da “Convenção sobre Diversidade Biológica” (ICN, 1997).

A Convenção sobre as Alterações Climáticas, no seu artigo 6, refere a educação, formação e sensibilização do grande público, estabelecendo que os países assinantes da Convenção promoveriam a elaboração e aplicação de programas e materiais educativos sobre o tema e a sua divulgação generalizada (MOPT, 1993).

A Convenção sobre a Desertificação, no artigo 19, reconhece a importância da educação, a todos os níveis, para combater a desertificação e reduzir os efeitos da seca.

A Agenda 21 é um documento que coloca grande ênfase na formação dos adultos (público em geral, profissionais, etc.), à consciência das pessoas que tomam decisões como

consumidores, gestores, etc., às que com maior urgência necessitam de uma educação e formação ambientais. Sem se ignorar os objectivos escolares, a EA vai-se configurando, cada vez mais, como uma educação permanente.

O Programa da Agenda 21 está estruturado em quatro secções: (1) Dimensões sociais e económicas, (2) Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento, (3) Fortalecimento do papel dos grupos principais e (4) Meios de execução.

- Na secção II, entre outros, (MOPT, 1993) refere:
 - Protecção dos oceanos e dos mares de todo o tipo, incluindo os mares fechados e semi-fechados e das zonas costeiras, e protecção racional e desenvolvimento dos seus recursos vivos.
 - Protecção da qualidade e o abastecimento dos recursos de água doce: aplicação de critérios integrados para o aproveitamento, ordenamento e uso dos recursos de água doce.
 - Gestão ecologicamente racional dos resíduos sólidos e questões relacionadas com as águas residuais.
- Na secção IV (Capítulo 36) (MOPT, 1993) é de destacar no que se refere ao fomento da educação, à capacitação (*empowerment*) e à tomada de consciência.

Enquanto na secção II faz-se referência à qualidade da água, assim como às normas de transporte e despejo de resíduos ou efluentes fortemente contaminantes, como, por exemplo, substâncias radioactivas. Na secção IV refere-se a necessidade de integrar o meio ambiente e o desenvolvimento nos programas educativos, através de processos interdisciplinares, destacando o papel das Universidades e a necessidade de que a EA seja permanente. A consciencialização do público é indispensável e deveria fazer parte de uma campanha mundial de educação, destinada a reforçar atitudes, valores e medidas compatíveis com o desenvolvimento sustentável. A consciencialização deveria resultar da partilha de conhecimentos técnicos e científicos entre o público de diferentes profissões que tivessem a cargo actividades relacionadas com o ambiente e desenvolvimento, incorporando a componente ambiental na formação de todos. Para ser mais eficaz, a educação, em matéria de meio ambiente e desenvolvimento deve ocupar-se da dinâmica do

meio físico-biológico e do meio sócio-económico e do desenvolvimento humano, integrar-se em todas as disciplinas e utilizar métodos científicos e não científicos e meios efectivos de comunicação. A educação é essencial para adquirir consciência, valores, atitudes, técnicas e comportamentos ecológico e ético.

1994 - A Cimeira das Américas reuniu, em Miami, os Ministros da Educação deste continente sobre a Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável. Os documentos saídos destas reuniões são considerados os mais actuais sobre EA¹⁵. Estes consideraram elemento fundamental o vínculo entre a educação e o Desenvolvimento Sustentável, conceito que assumiu especial relevo na cúpula seguinte, 1996.

1996 - Realizou-se a Cimeira sobre Desenvolvimento Sustentável na Bolívia que deu continuidade à anterior.

1997 - Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade (Conferência de Tessalónica¹⁶, Grécia) teve, entre outros, os objectivos seguintes (CONF. 401/CLD.2, 1997):

- Tornar claro o papel decisivo da educação e da consciência pública na consecução da sustentabilidade.
- Considerar a importante contribuição que, para estes fins, oferece a EA.

A orientação de sustentabilidade ambiental tornou-se o eixo directivo das considerações e recomendações e a Declaração desta Conferência exigiu de imediato uma implementação da EA enquanto educação para o meio ambiente e a sustentabilidade, pela mediação das escolas, da comunidade científica, dos meios de comunicação, das organizações não governamentais (ONG) e de organizações governamentais.

A Declaração da Conferência de Tessalónica reconhece que:

¹⁵ *Cúpula das Américas, Cúpula de Brasília*

<http://maurolemes.hpg.ig.com.br/cupulaamericas.htm>; 25 de Maio de 2004

¹⁶ Declaração da Conferência de Thessaloniki. *Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade*

www.maisambiente.com.br/educador/thessaloniki.htm; 25 de Maio de 2004

- A educação é um meio indispensável para conseguir que todas as pessoas possam controlar os seus destinos e exercer as suas opções pessoais e responsabilidades, aprendendo ao longo de toda a sua vida, sem fronteiras geográficas, políticas, culturais, religiosas, linguísticas, etc.
- A EA é reconhecida como uma educação para a sustentabilidade.
- A reorientação educativa geral não pode ser desenvolvida unicamente pela comunidade educativa mas por toda a sociedade.

A Conferência de Tessalónica foi enriquecida por inúmeros encontros regionais, nacionais e internacionais, onde a visão de educação e consciência pública foram mais desenvolvidas e reforçadas, destacando-se:

1993 - Direitos Humanos (Viena)

1994 - População e Desenvolvimento (Cairo)

1995 - Desenvolvimento Social (Copenhaga) e sobre a Mulher (Pequim)

1996 - Assentamentos Humanos (Istambul, Turquia)

1997 - Primeiro Fórum Mundial da Água realizado em Marrocos visou desenvolver estratégias para gerir os recursos hídricos de forma sustentável. Deste encontro saiu a Declaração de Marraquexe¹⁷. Sessão Especial da Assembleia-Geral das Nações Unidas sobre a Agenda 21 realizada em Nova Iorque focou a implementação da Agenda 21 e definiu que deveria ser dada a mais elevada prioridade aos problemas da água sentidos em várias regiões do mundo. Além disso, reconheceu a água como um bem social e económico com um papel vital na satisfação das mais básicas necessidades humanas¹⁸.

1998 - Reunião de chefes de Estado, em Santiago do Chile, que fazia parte da sequencialidade das cimeiras anteriores, dando cumprimento ao plano de acção comum aos países envolvidos, definido na segunda cimeira, para viabilizar a concretização da ligação entre a EA para o Desenvolvimento Sustentável e a educação, definindo o seguinte¹⁵:

¹⁷ *Marrakech Declaration*, 1997

<http://www.cmo.nl/pe/pe7/pe-772.html>; 10 de Junho de 2005

¹⁸ *Special Session of the un General Assembly for the Overall Review and Appraisal of Agenda 21*, 1997
<http://www.iisd.ca/vol05/0583001e.html>; 10 de Junho de 2005

“A educação ambiental para a sustentabilidade deve permitir que a educação se converta numa experiência vital, alegre, lúdica, atractiva, criadora de sentidos e significados, que estimule a criatividade e permita redireccionar a energia e a rebeldia da juventude para a execução de projectos de actividades comprometidas com a construção de uma sociedade mais justa, mais tolerante, mais equitativa, mais solidária, mais democrática e mais participativa e na qual seja possível a vida com qualidade e dignidade.”

Na perspectiva das personalidades envolvidas, a educação para o desenvolvimento sustentável deveria contribuir para formar todos os seres humanos em valores éticos, sem os quais a meta da sustentabilidade seria inatingível.

2000 - Fórum Mundial da Água realizado em Haia conduziu à adopção de “perspectivas em relação à água” para as diferentes regiões do mundo, destinado a definir um plano de acção referente à utilização da água no século XXI¹⁹. III Congresso Ibero-americano de Educação Ambiental sobre o tema *Povos e Caminhos Rumo ao Desenvolvimento Sustentável*, realizado em Caracas (Venezuela), resultando num maior ajuste temático-conteudinal dos países participantes e na decisão de se criar uma rede de EA mediante tecnologias avançadas de comunicação. Cimeira do Milénio realizada em Nova Iorque, sob a direcção das Nações Unidas, definiu como objectivo reduzir para metade a proporção de pessoas sem acesso à água potável. Desta cimeira saiu a Declaração do Milénio, adoptada pela Assembleia Geral das Nações Unidas²⁰. A 55.^a Sessão da Assembleia Geral das Nações Unidas, realizada em Nova Iorque, elegeu 2003 como o ano Internacional da Água Potável e encorajou todos os estados membros a aumentar a sensibilização para a sua importância²¹.

2001 - Conferencia Internacional sobre Água Potável²² realizada em Bona (Alemanha), definiu recomendações para o uso sustentável das reservas limitadas de água e apoiar a

¹⁹ *Água, 1972-2000; Integração entre o meio e o desenvolvimento*. Capítulo. I. p. 28
<http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-pot/capitulo1.pdf>; 10 de Outubro de 2004.

²⁰ *Millennium Report of the Secretary-General of the United Nations, 2000*
<http://www.un.org/millennium/sg/report/>; 10 de Junho de 2005

²¹ *Freshwater. Division for Sustainable Development, 2000*
<http://www.un.org/esa/sustdev/water.htm>; 5 de Maio de 2005

²² *International Conference on Freshwater, 2001*

preparação da Cimeira de Joanesburgo e o Terceiro Fórum Mundial da Água a ter lugar em Quioto (Japão) em 2003.

2002 - Após 10 anos da Cimeira do Rio, organiza-se a Cimeira Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo, onde foi reconhecido que a diversidade biológica desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sustentável global e na erradicação da pobreza, sendo essencial para o planeta, para o bem-estar dos seres humanos e para a subsistência e integridade cultural das pessoas²³. Uma das cinco áreas prioritárias, “*Água e Saneamento*”, tratadas na Cimeira da Terra, em Joanesburgo, em 2002, em que os líderes envolvidos se comprometeram em reduzir para metade o número de pessoas sem acesso à água potável e a condições sanitárias até 2015. A União Europeia apresentou a iniciativa “*Água para a Vida*” que procura parcerias para cumprir os objectivos especialmente em África e na Ásia Central.

2003 - 3.º Fórum Mundial da Água realizado em Quioto. No Dia Mundial da Água, deste ano, pela resolução 58/217 de 23 de Dezembro foi declarado o período de 2005 a 2015 como “*A Década Internacional para a Acção: A Água Fonte de Vida*”.

2005 - A década de 2005-2015, ou seja, a *Década Internacional de Acção: A Água Fonte de Vida*, teve início no dia 22 de Março de 2005. Um dos objectivos, dentro dos oito definidos, de desenvolvimento para 2015, é garantir a sustentabilidade do meio ambiente²⁴.

1.3. A Educação Ambiental em Portugal

Portugal não ficou indiferente à crescente preocupação sobre a problemática ambiental que se fazia sentir a nível mundial. Nesse sentido, colocou os problemas ambientais entre os de maior acuidade, promulgando em 1967 a Lei 2133, de Dezembro, aquando da preparação do Plano de Fomento (1968/73), em que pela primeira vez, surge a integração do ambiente num contexto de política global (Evangelista, 1992). “Sendo os problemas do ambiente de

<http://www.water-2001.de>; 12 de Agosto de 2005

²³ Agência Europeia do Ambiente

http://reports.pt.eea.eu.int/briefing_2004_/pt/briefing-bio_PT_FINAL.pdf; 20 de Maio de 2004

²⁴ *La Biblioteca Dag Hammarkjöld*; 22 de Março de 2005; *El Dia Mundial del Agua*

<http://www.un.org/depts/dhl/spanish/water/index.html>; 11 de Julho de 2005

interesse sócio-económico, a política de prevenção e controlo de alguns, ainda que não todos os aspectos importantes de prevenção e melhoria do ambiente, levou a serem considerados no quadro de preparação para o III Plano de Fomento para 1968/73” (citado por Evangelista, 1992 - do Relatório Nacional sobre os Problemas Relativos ao Ambiente, 1971). Simultaneamente, também estavam em curso os estudos para o IV Plano de Fomento, recebendo então a melhor atenção a política e as acções sobre problemas ambientais com a finalidade de estabelecer uma política mais completa e coordenada.

Enquanto, Cavaco (1992) refere que já em 1948 existiu em Portugal um período de maior abertura política que proporcionou a emersão de novos projectos nas áreas da cultura da ciência e do associativismo, conduzindo um grupo de professores, investigadores e técnicos a fundarem a Liga para a Protecção da Natureza (LPN). Esta foi o resultado da resposta a uma Carta de Sebastião da Gama na qual o mesmo alertava para a grande ameaça que constituía o corte da vegetação da Serra de Arrábida e que era imperativo travar. O objectivo desta Liga era promover a conservação da Natureza e dos seus recursos, especialmente a protecção de espécies animais e vegetais que estavam em perigo em consequência da utilização abusiva da Natureza pelo Homem, assim como o ambiente natural e artificial que implica a própria sobrevivência humana (Evangelista, 1992).

O alheamento e a ausência de participação de Portugal nas questões ambientais em que decorre estas duas acções devem-se essencialmente à conjuntura política e sócio-económica que caracterizava a sociedade portuguesa de então, ostracista, adicionada ao género político do Estado Novo. A sociedade portuguesa era relativamente fechada, uma sociedade onde existia a censura, a circulação de informação era difícil e o nível sócio-cultural baixo, tendo pouco impacte em Portugal as preocupações ambientais já existentes noutros países (Melo e Pimenta, 1993). Em finais da década de 60 e princípios da de 70 essa situação começa lentamente a alterar-se, modificando-se alguns aspectos da vida portuguesa. É então que o ano de 1970 é dedicado à Protecção da Natureza por proposta do Conselho da Europa a que Portugal adere publicando, em três volumes com o título *A Natureza e a Humanidade em Perigo*, uma colectânea de artigos de um dos membros da LPN (sob a direcção de Beata Neves; INDE Informação n.º4).

É neste contexto de consciencialização e aproximação do país a outras realidades externas que é criada, em 1972, a Comissão Nacional do Ambiente (CNA) constituída por políticos e técnicos superiores maioritariamente pertencentes ao regime vigente (Cavaco, 1992). Segundo Evangelista (1992), esta Comissão formou-se para dar resposta à solicitação feita pelo Secretário-Geral das Nações Unidas em Janeiro de 1969 e enviada ao Ministério dos Negócios Estrangeiros, transmitindo uma resolução da 23^a Secção da Assembleia das Nações Unidas no sentido de convocar uma Conferência Mundial para tratar Problemas do Ambiente a realizar em 1972. Para esta conferência elaborou-se um relatório sobre esses problemas, o que motivou uma série de eventos que a seguir se faz referência.

Em Março de 1969 teve lugar uma reunião presidida pelo presidente da Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) da qual saiu a resposta à ONU que constitui o primeiro documento oficial português integrado nas preocupações ambientais a nível internacional (Evangelista, 1992). Portugal, em 1970, participa numa Reunião de Conselheiros Governamentais para o Ambiente em Genebra com a finalidade de elaborar um método que conduzisse ao desenvolvimento dos preparativos da Conferência agendada para 1971. É referida a educação pela primeira vez, mas da responsabilidade de organizações particulares.

No sentido de preparar a representação portuguesa para a Conferência de 1971 a JNICT reuniu um grupo de representantes tendo como inovação o facto de um membro da Liga para a Protecção à Natureza fazer parte da mesma. Em Janeiro do mesmo ano é elaborada a *Monografia Nacional sobre os Problemas Relativos ao Ambiente* onde são enumerados os problemas ambientais de Portugal. Entre as conclusões mais relevantes, são de destacar as seguintes: necessidade de melhorar a difusão dos conhecimentos do ambiente no sistema educativo e envidar esforços no sentido de motivar a juventude pelas questões ambientais. É ainda neste mesmo ano que a monografia é apresentada na Conferência sobre Problemas do Ambiente (ou Simpósio de Praga) promovida pela Comissão Económica das Nações Unidas. Após este Simpósio uma nova monografia nacional foi elaborada e da qual resultou o *Relatório sobre os Problemas Relativos ao Ambiente*, cuja novidade residia na inclusão de um capítulo dedicado aos problemas do ambiente nas *Regiões Tropicais*

Portuguesas (Evangelista, 1992). Este Relatório destinava-se a ser apresentado na Conferência sobre Ambiente Humano a realizar em 1972, em Estocolmo.

Face às várias solicitações, nomeadamente relacionadas com a problemática da poluição a nível nacional ou da representação a nível internacional, tornava-se necessária a institucionalização de uma Comissão que tratasse os problemas do Ambiente à escala mundial (Evangelista, 1992). E deste modo surge a CNA que, embora funcionasse com contradições e ambiguidades, tinha de apresentar trabalhos, em fóruns internacionais, que dessem credibilidade à sua presença, abrindo algum espaço à intervenção de elementos capacitados e inovadores (Cavaco, 1992).

A CNA não tinha a EA como objectivo no âmbito das suas preocupações, mas sobretudo a informação, lançando campanhas nesse sentido, dada a preocupação existente com o efeito da poluição e o ideal conservacionista da Natureza. Evangelista (1992) considera esta acção semelhante ao que sucedeu noutros países, ou seja, uma fase de divulgação e de informação, geradora de um base essencial à integração do ambiente no contexto educativo. A Conferência de Estocolmo, em 1972, organizada pelas Nações Unidas foi o acontecimento mais relevante em que a CNA participou. Nesta Conferência foi aprovada a Declaração do Ambiente e que a CNA publicou em 1972 (ver Fig. 1.3). Esta Conferência é um marco referencial para enquadrar em termos universais e permanentes a problemática ambiental, sendo o princípio 19, o mais emblemático porque considera indispensável uma EA dirigida tanto aos jovens como aos adultos com o intuito de criar as bases que permitam obter uma opinião pública bem formada, propiciar uma conduta inspirada no sentido da responsabilidade aos indivíduos, às empresas e colectividades direccionada para a protecção e melhoria do meio ambiente em toda a dimensão humana (Diaz, 1995).

No sentido de executar este princípio a CNA empreendeu esforços, estabelecendo contactos com as Direcções-Gerais do Ensino Superior e Básico que, vieram a revelar-se, posteriormente muito significativos. O Plano de Trabalho da CNA para 1973 tinha os objectivos seguintes (Evangelista, 1992):

- Fomentar o intercâmbio e a difusão de informações científicas e técnicas relativas ao meio ambiente;

- Introduzir nos programas de ensino noções que interessem à defesa do ambiente.

A missão divulgadora sobrepuja-se à formativa. Assim refere Evangelista (1992) “Falava-se, em ciência do Ambiente, como uma matéria nova a acrescentar aos programas do ensino formal, deixando de parte o conteúdo interdisciplinar e a necessidade de alterar comportamentos, missão impossível de levar a cabo apenas com informação”.

Dando cumprimento à Conferência de Estocolmo comemorou-se, pela primeira vez, o Dia Mundial do Ambiente, no dia 5 de Junho de 1973, promovido pela CNA. Posteriormente é lançado o livro “*O Mundo é a Nossa Casa*” (Fig. 1.5) para ser difundido nas escolas do ensino básico. Constitui um notável livrinho (Cavaco, 1992), enquanto Evangelista (1992) o considera a primeira publicação orientada para a EA. Mas ainda se pode acrescentar que este livro tão singular, não deixando de parte um certo cariz político, ilustra bem a situação actual e convida à reflexão a população adulta. Tudo o que não é traduzido em palavra escrita, está expresso em grafismo. A comemoração do Dia Mundial do Ambiente e todos os esforços envidados no sentido de sensibilizar a população escolar e professores para o estudo e compreensão da problemática ambiental e das relações do Homem com este, criou uma conjuntura favorável à implementação das recomendações de Belgrado. Beneficiou, também, de se estar a proceder no país à modernização do sistema de ensino fruto das exigências de liberalização imposta pelas pressões exteriores e pela contestação interior que motivaram a chamada ao governo do Ministro Veiga Simão com a promessa de modernização e democratização no sistema de ensino.



Figura 1.5. A. Capa do livro “O Mundo é a Nossa Casa” (Moreira, 1973); B. Capa do livro “O Mundo é a Nossa Casa” (Moreira et al., 1975).

Nos novos programas foram introduzidas alterações inovadoras que possibilitavam novas formas de aprendizagem ligadas ao questionamento de problemas locais e regionais e formação que lhes permitia reajustar constantemente os seus próprios procedimentos. Com o 25 de Abril de 1974, verificam-se novas alterações e surgem outras influências que se confrontam com as diferentes concepções de pensar a EA. Abandona-se, então, o projecto que sequenciava a proposta expressa na Reforma de Veiga Simão (colocava a EA no 9º ano) e organizava um outro programa de Ciências do Ambiente destinado ao 8.º ano que se aplicou apenas durante um ano. Cavaco (1992) refere que a normalização imposta ao sistema educativo acabou por introduzir as lógicas tradicionais, académica e cooperativa, cedendo espaços distintos às várias disciplinas que de há muito tempo compunham os currículos, esbatendo também os contornos mais inovadores nos planos pedagógico e didáctico.

Neste período a CNA atravessou um momento de indefinição, estando com um pequeno secretariado em funcionamento para dar resposta aos assuntos correntes. Em Maio de 1974, o Decreto-Lei 203/74 criou o Ministério do Equipamento Social e do Ambiente, sendo a CNA integrada no mesmo quadro em Outubro do mesmo ano, pela Portaria 657/74, o que significou o reconhecimento da sua importância. Posteriormente a CNA foi reformulada pelo Decreto-Lei 550/75 que organizou a Secretaria de Estado do Ambiente criada no Ministério do Equipamento Social e do Ambiente, ficando aqui inserida até 17 de

Outubro do mesmo ano, quando passou a ser integrada na Presidência de Ministros. A este propósito, Evangelista (1992) refere que estes factos são significativos para a consolidação das questões ambientais em termos institucionais, mas também reveladores das dificuldades existentes para o seu enquadramento em termos de orgânica político-administrativa.

A CNA desempenhou um papel relevante conducente à implementação de uma educação relativa ao ambiente durante o seu período de vigência, apesar desse trabalho revestir um cariz mais informativo e de divulgação e menos formativo. No período que medeia os anos de 1974 a 1977, Portugal volta a participar num acontecimento à escala mundial para a resolução da problemática ambiental, tendo efectuado algumas actividades. No ano de 1975 promoveu acções de divulgação nas escolas através de sessões de debate e projecções de filmes e a publicação mensal do Boletim da Comissão Nacional do Ambiente. Refira-se que Portugal não participou no Seminário de Belgrado de 1975, onde foram definidos os objectivos e as finalidades da EA. No ano de 1976, as actividades incidiram na formação de professores destinadas a sensibilizá-los para a importância e o significado do quadro envolvente da Escola, a sua diversidade ambiental a ser aproveitada em termos interdisciplinares. Durante 1977 foram elaborados relatórios referindo-se à expansão do trabalho efectuado junto dos alunos e dos professores, manifestando a importância da interdisciplinaridade. Além disto, efectuaram-se várias reuniões que envolveram professores de diferentes disciplinas dos ensinos básicos, secundário e Escolas do Magistério Primário com sessões de projecção e debate entre os participantes. É também neste ano que Portugal participa na Conferência de Tbilisi sobre EA.

Evangelista (1992) considera que o intervalo de tempo de 1978 a 1983 é o período de intervenção mais expressivo da CNA em termos de EA, destacando-se um conjunto de actividades em 1978 – Um Curso para Inspectores Orientadores do Ensino Básico responsáveis pela orientação dos professores coordenadores concelhios na área de Meio Físico e Social dos Programas do Ensino Básico Elementar, efectuado na Escola do Magistério Primário de Lisboa, a pedido da Direcção Geral do Ensino Básico; e a aprovação do Programa do Ensino Básico a título experimental cujos objectivos assentam no reforço de exploração, conhecimento, transformação e defesa do Meio Físico e Social.

Também o Ensino Secundário e o Superior procuraram acompanhar os temas da EA, criando cursos que incluíssem a filosofia de uma educação sobre o ambiente.

O Ministério da Qualidade de Vida é criado em 1981 e legalmente a CNA é extinta nesta data, mas mantém-se em funções até 1983, reflectindo envolvimento, preocupação e empenho na promoção da EA. Em termos de EA, o resto da década de 80 é caracterizado por uma certa indefinição (Cavaco, 1992): "... a Educação Ambiental evidencia-se numa escola ou noutra, afirma-se neste ou naquele projecto, envolve, por vezes, apoios diferentes e valiosos, nacionais e internacionais; objectiva mesmo a formação de grupos de professores, sem que os serviços do Ministério da Educação procurem equacionar o interesse e o valor do que se faz e de como se faz...".

Com a extinção da CNA gerou-se também uma certa indeterminação a nível institucional, ficando o Serviço Nacional de Participação das Populações (SNPP), embora sem relegar de todo as suas funções, numa indefinição pois que a Lei Orgânica do Ministério da Qualidade de Vida era omissa em relação às questões da EA, o que na perspectiva de Evangelista (1992) significava um retrocesso numa entidade dita inovadora. O SNPP passou a ser considerado um Gabinete de Estudos e Planeamento (GEP) da Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, enquadrada no Ministério do Plano e da Administração do Território, criado em 1985 pelo Decreto-Lei 329/85.

Uma nova alteração surge em 1986 com a estruturação do Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza e, simultaneamente, é criada a Direcção de Interpretação, Informação e EA, tendo como atribuição, entre outras, o desenvolver formas de informação, interpretação e educação ambientais assim como utilizar meios adequados promotores de uma progressiva tomada de consciência individual e colectiva dos problemas da conservação da natureza e do ambiente em geral (Evangelista, 1992). O conceito de educação surgia difuso no contexto da ideia conservacionista e não foram produzidas intervenções formativas globais, nomeadamente de docentes.

Em 1987 são definidas as bases da política de ambiente, os princípios e as directivas programáticas pela Lei 11/87, de 7 de Abril 87 (Lei de Bases do Ambiente).

Simultaneamente, é criado o Instituto Nacional do Ambiente (INAMB), cuja Lei Orgânica foi fixada pelo Decreto-Lei 403/88, de 21 de Outubro. Este novo organismo tinha como atribuições “a promoção de acções na área da política do ambiente, em especial na informação dos cidadãos e na prestação de apoio às associações de defesa do ambiente”. Cavaco (1992) refere que a experiência de EA para o Desenvolvimento se expandiu rapidamente como resultado do suporte institucional e por se apresentar com estatuto oficialmente reconhecido.

Como resultado dos graves problemas ambientais a EA foi progressivamente valorizada e levou a Comunidade Europeia (CE) a determinar que até ao final do século, seria obrigatoriamente facultada a todos os alunos, nos Estados Membros, no âmbito da Educação Básica (Nova, 1994). Em resposta à determinação da CE, Portugal correspondeu à solicitação efectuada e nos anos noventa assiste-se ao ressurgir da importância da EA no contexto educativo. Facto que foi tido em conta ao ser elaborada a Lei de Bases do Sistema Educativo, Lei nº 46/86, no âmbito da Reforma do Sistema Educativo, apesar de toda a sua articulação reforçar a formação para a cidadania, na perspectiva de Mendes (1995) integra expressamente a EA. Enquanto Fernandes (1995) considera que a mesma está incluída nas grandes ideias da Reforma Educativa “no sentido de criar cidadãos livres, conscientes, activos e sabedores de modo a garantir o futuro das gerações que vêm depois de nós”.

A Direcção-Geral dos Recursos Naturais (DGRN, 1988) atribuiu às escolas do ensino básico um livro intitulado *A Água, a Terra e o Homem. Ciclo da Água. Campanha educativa da água* (Fig. 1.6). Este livro foca um amplo leque de questões relacionadas com a água: A Água é Vida, Ciclo da Água, Água na Terra, Recursos Hídricos e a Acção do Homem, A Água e a História, A Água no Mundo Actual Acção. É efectuada uma abordagem bastante desenvolvida dos subtemas referidos e, simultaneamente, são acompanhados por imagens representativas dos conteúdos.



Figura 1.6. Capa do livro “A Água, a Terra e o Homem” (DGRN, 1988).

O Projecto Educativo introduzido nas escolas, pelo Decreto-Lei nº 43/89 de 3 de Fevereiro (que estabelece o regime jurídico de autonomia das escolas), constitui um factor relevante na implementação de projectos obrigatórios no âmbito da problemática ambiental. Outra área curricular não disciplinar, a Área Escola, é introduzida pelo Decreto-Lei nº 286/89 e regulamentada em Setembro de 1990, expressa finalidades directamente relacionadas com os objectivos da Educação para o Ambiente. O Decreto-Lei nº 268/89 (Cap. II) no seu Art.º 6, alínea 2, refere que os objectivos desta área curricular não disciplinar são a concretização dos saberes através de actividades e projectos multidisciplinares, a articulação entre a escola e o meio e a formação pessoal e social dos alunos. E é neste contexto que as instituições do Ensino Superior, a partir de 1993, promovem cursos dentro da área de EA direccionados aos professores do ensino básico.

As Aventuras de Gota-de-Água. A Água um Bem Precioso (Fig. 1.7) é um livro do Instituto da Água (1998) escrito em banda desenhada distribuído às escolas do ensino básico que constitui uma obra muito sugestiva, quer pelo desenho quer pelo género de texto utilizado, susceptível de motivar os alunos à sua leitura. Apesar de simples é abrangente, dado que

foca a água desde a captação, desperdício e poluição, importância, recurso, usos, custo, tratamento e distribuição, terminando com o ciclo natural da água.



Figura 1.7. Capa do livro “As Aventuras de Gota-de-Água. A Água um Bem Precioso” (Instituto da Água, 1998).

Tanto o livro *A Água, a Terra e o Homem. Ciclo da Água* como o livro *As Aventuras de Gota-de-Água. A Água um Bem Precioso* são duas obras de referência que podem ter um grande contributo na aprendizagem dos alunos no que respeita à água. Embora as suas edições estejam separadas uma década, mas a verdade é que se complementam e são instrumentos fabulosos de informação para os alunos.

1.4. Criação do Ministério do Ambiente

Em 1971 é criada a primeira estrutura estatal para o ambiente, a Comissão Nacional do Ambiente (CNA). Em 1974 é criada a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) que inicialmente tinha poderes quase nulos, dadas as mudanças constantes de enquadramento ministerial, mas ganhou progressivamente capacidade de intervenção. De 1979 a 1985 a SEA integrou o Ministério da Qualidade de Vida (MQV). Em 1985 é extinto o MQV e é criada uma nova Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais (SEARN). Esta é integrada no Ministério do Plano e Administração do Território (MPAT). SEARN tutelava,

então, a gestão e planeamento dos recursos públicos e tinha elevados poderes no controlo da poluição e na gestão das áreas protegidas.

No ano de 1987 a Lei de Bases do Ambiente (LBA) (Lei nº 11/87, de 7 de Abril) poderá ser considerada o principal documento normativo do país sobre direito ambiental. A LBA apresentava instrumentos concretos, principalmente o licenciamento da utilização dos recursos naturais, os princípios do utilizador e poluidor pagador, medidas de gestão e ordenamento do território e medidas de combate e prevenção do ruído e da poluição. Estabelecia-se a “proibição de poluir” com possibilidade de embargos administrativos e redução ou mesmo a suspensão de actividades lesivas do ambiente, tal como a responsabilidade civil.

Em 1990 foi criado o Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais (MARN). O novo Ministério detinha uma maior capacidade de intervenção, inerente ao estatuto de ministério, comparativamente às competências da SE. O Ministério era responsável pela política do ambiente, recursos naturais e do consumidor. Devia tomar a iniciativa através de medidas conducentes a:

- promover o desenvolvimento sustentável;
- proteger a valorização do património natural;
- promover o controlo da poluição;
- incentivar a redução, tratamento e reciclagem de resíduos;
- fomentar a investigação científica;
- promover a EA;
- participar em acções internacionais;
- salvaguardar o direito dos consumidores.

A assessorar o Ministério, há os Conselhos Consultivos para o Ambiente, para a Protecção do Consumidor e para a Água. A Direcção Geral do Ambiente (DGA) é o serviço central do MARN que assegura a coordenação, estudo e planeamento e inspecção dos sectores do ambiente e dos recursos naturais a nível nacional. Os institutos têm uma intervenção sectorial como, por exemplo, o Instituto de Promoção Ambiental (IPAMB) que para além de outras tem a responsabilidade da EA; o Instituto da Água (INAG) que tem uma

significativa importância e responsabilidade através de grandes competências no sector dos recursos hídricos. O IPAMB passou ao que é actualmente o Instituto do Ambiente. Este tem como atribuições⁹:

- a promoção de acções no domínio da formação e da informação dos cidadãos;
- o apoio às Associações de Defesa do Ambiente;
- promoção de projectos e acções de EA, em colaboração com as autarquias locais, serviços da Administração Pública, instituições públicas, privadas e cooperativas;
- a colaboração na sua integração no Sistema Educativo.

Continuando com a subdivisão de atribuições, existem as Direcções Regionais do Ambiente e Recursos Naturais (DRARN) (Norte, Centro, etc.) que são serviços desconcentrados do MARN dotados de autonomia administrativa regional que asseguram a execução da política e objectivos nacionais da área do ambiente, recursos naturais e consumidor, em simultaneidade com os serviços centrais. Também têm poderes de fiscalização e licenciamento. Num plano mais restrito mas com amplas competências, encontram-se as Autarquias ao nível do ordenamento do território, com os Planos Directores Municipais (PDM), a quem compete o planeamento urbanístico, saneamento básico e o desempenho da “alfabetização” ambiental dos cidadãos.

Em 1993 é definida a orgânica do MARN pelo Decreto-Lei nº 187/93, de 24 de Maio (revogado pelo Decreto-Lei nº 230/97 de 3 de Agosto). É aprovado o Plano Nacional da Política de Ambiente (PNPA), em 1995. Nele são expressas as orientações estratégicas da política do ambiente, os objectivos e acções específicas do MARN e instrumentos para implementar a política do ambiente.

A Figura 1.8 esquematiza as fases mais significativas desde a criação da Comissão Nacional do Ambiente, ao Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, ao Instituto do Ambiente e fases subsequentes:

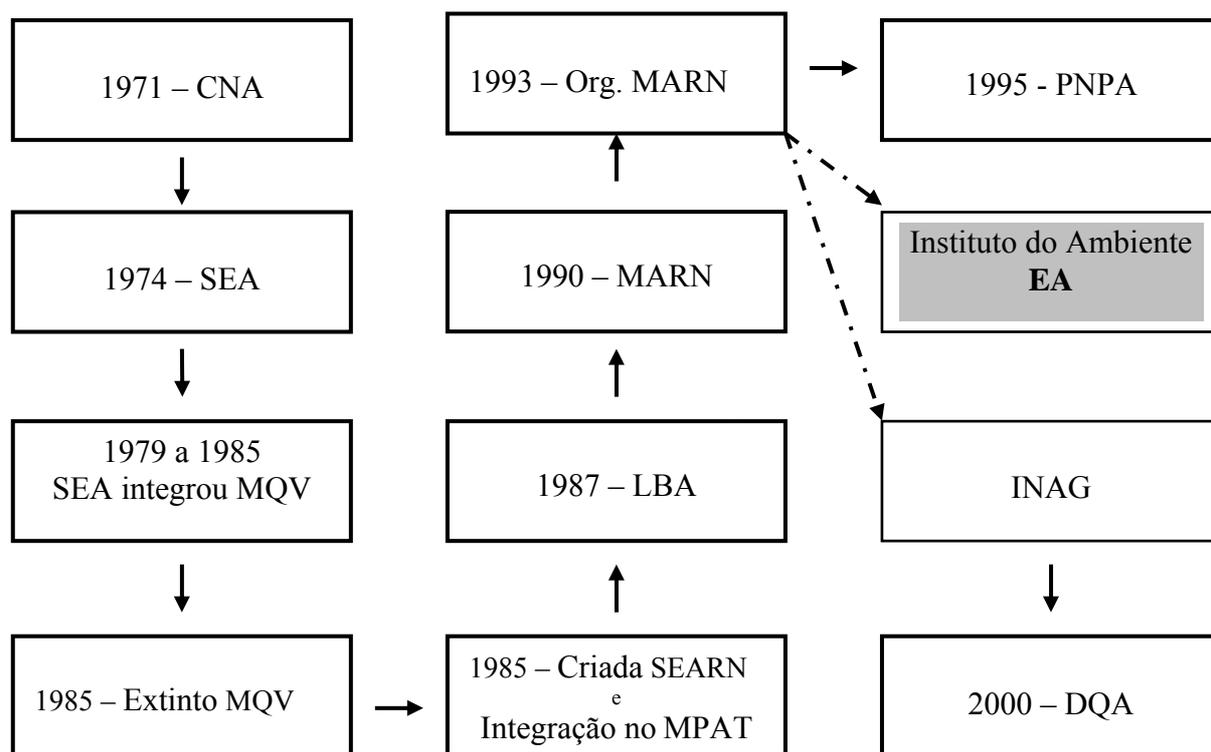


Figura 1.8. Estrutura das fases mais significativas no processo de criação do Instituto do Ambiente, órgão responsável pela EA. (CNA) Comissão Nacional do Ambiente; (SEA) Secretaria de Estado do Ambiente; (MQV) Ministério da Qualidade de Vida; (SEARN) Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais; (MPAT) Ministério do Plano e Administração do Território; (LBA) Lei de Bases do Ambiente; (MARN) Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais; (PNPA) Plano Nacional da Política de Ambiente; (EA) Educação Ambiental; (INAG) Instituto da Água; (DQA) Directiva Quadro da Água.

1.4.1. Instituto da Água

O Instituto da Água (INAG), organismo do Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, criado em 1993, sucedeu nas suas competências à Direcção-Geral dos Recursos Naturais que já exercia actividades em prol da protecção e aproveitamento dos recursos hídricos nacionais dos Serviços Hidráulicos, existindo desde finais do século XIX.

Em Portugal, as preocupações com a água encontram raízes profundas no tempo, ainda que, sob uma perspectiva bem diferente da actual. Segue-se uma relação legislativa referente à água, criação e função do Instituto da Água.

1866 – Assinatura conjunta do Regulamento relativo aos Rios Limítrofes entre Portugal e Espanha, em 4 de Novembro (PBH do Rio Leça, 1999).

1884 – É criado o Plano de organização dos serviços hidráulicos com a divisão do País em *4 circumscrições hydraulicas* – Carta de lei de 6 de Março²⁵.

1886 – É publicado o Regulamento para execução da lei de 6 de Março de 1884 – Decreto de 2 de Outubro.

1892 – É efectuada a Reorganização dos Serviços Hidráulicos e do respectivo pessoal – Decreto n.º 8, de 1 de Dezembro. Já se falava em *inquinamento* no regime sancionatório do Regulamento dos Serviços Hidráulicos (Antunes, 1997). Já havia Regulamentação do Regime de Utilização das Águas pelo Público.

1899 – 1.ª Legislação portuguesa sobre poluição da água do mar.

1919 - É efectuada a Reorganização dos Serviços Hidráulicos, conhecida por Lei de Águas, documento-base da sua acção – Decreto 5787-III, de 10 de Maio.

1920 – É criada a Administração-Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos – Decreto n.º 7039, de 17 de Outubro.

1927 – Assinatura do Convénio para Regular o Aproveitamento Hidroeléctrico do Troço Internacional do rio Douro (publicado no DG. N.º 185 de 15 de Agosto e rectificado pelo Decreto-Lei n.º 14129, do DG. N.º 185, de 25 de Agosto).

1930 – Criada a Junta Autónoma de Obras de Hidráulica Agrícola, responsável pelo planeamento e construção de todos os aproveitamentos hidroagrícolas do país.

²⁵ Instituto da Água. História: Quem somos/Atribuições
www.inag.pt/inag2002/port/quem_somos/historia.html; 7 de Julho de 2004

1935- É transformada a Administração-Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos em Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos e a definição da sua orgânica interna – Decreto nº 26117, de 23 de Novembro.

1944 – É alterada a designação para Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos (os serviços eléctricos transitam para o Ministério da Economia passando a constituir a Direcção-Geral dos Serviços Eléctricos) – Decreto-Lei n.º 33546, de 23 de Fevereiro.

1947 – São reorganizados os serviços da Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos (DGSH) - Decreto-Lei n.º 36315, de 31 de Maio.

1949 – Integração na DGSH da Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola - Decreto-Lei n.º 37596, de 3 de Novembro. São reorganizados os serviços da Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos - Decreto-Lei n.º 37707, de 30 de Dezembro.

1960 – Criação da Brigada de Estudos e Construção de Obras Hidráulicas (B.E.C.O.H.) com atribuições no estudo e execução dos trabalhos de Pesquisa, Captação e Aproveitamento dos Recursos Hídricos (subterrâneos e superficiais) com vista ao abastecimento de água à população e para rega - Portaria n.º 18000, de 4 de Outubro.

1964 – Assinatura (16 Julho) do Convénio entre Portugal e Espanha para o aproveitamento hidroeléctrico dos troços internacionais do rio Douro e dos seus afluentes (Decreto-Lei n.º 45991, de 23 de Outubro). Pelo Protocolo Adicional reitera as regras já anteriormente estabelecidas por outros convénios (Art. 1.º) e faz a divisão das zonas de aproveitamento dos dois países (Art. 2.º).

1965 – As Nações Unidas, através da FAO, UNESCO e da Organização Mundial da Meteorologia, promovem o Decénio Hidrológico Internacional (1965-1974). Portugal inicia a cooperação internacional no domínio dos recursos hídricos fora do contexto peninsular.

1966 – Aprovado um novo Código Civil (Decreto-Lei n.º 47344/66, de 25 de Novembro; Art^{os} n.º 1385 e seguintes) que inclui importantes regulamentações sobre o uso das águas públicas e privadas.

1968 – O Conselho da Europa criou o comité de peritos europeu para a conservação da natureza e dos recursos naturais e do Comité sobre a poluição das águas (publicação da Carta da Água neste mesmo ano). Assinado, em 29 de Maio, Convénio entre Portugal e Espanha para regular o uso e o aproveitamento hidráulico dos troços internacionais dos rios Minho, Lima, Tejo, Guadiana e Chança (Decreto-Lei n.º 48 661 de 5 de Novembro).

1971 – Regulamentação do Domínio Público Hídrico através da publicação do Decreto-Lei n.º 468/71 (revisto através do Decreto Regulamentar n.º 45/86) e do Decreto-Lei n.º 502/71 (actualizado pelo Decreto-Lei n.º 2/88)

1976 – É extinta a DGSH e criada a Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos – Decreto-Lei n.º 117-D/76, de 10 de Fevereiro. Resolução da Associação de Direito Internacional, adoptada na Conferência de Madrid sobre Administração de Recursos Hídricos.

1977 – É aprovada a Lei Orgânica da Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos – Decreto-Lei n.º 383/77, de 10 de Setembro. A Conferência das Nações Unidas sobre a Água, em Mar del Plata, é um relevante marco internacional de reconhecida importância dos recursos hídricos como factor de desenvolvimento das condições económicas, sociais e ambientais da Humanidade. São feitas recomendações sobre a avaliação de recursos, eficiência da utilização da água, ordenamento do território, riscos naturais, informação pública e cooperação internacional.

1980 – Década Internacional do Abastecimento de Água e Saneamento (1980-1990) promovida pelas Nações Unidas.

1984 – Publicada a Lei n.º 100/84 que estabelece a Jurisdição dos Municípios referente ao abastecimento de água às populações e à drenagem e tratamento das águas residuais.

Também neste mesmo ano é Aprovado o Código de Água e dos órgãos de administração dos Recursos Hídricos, Decreto-Lei n.º 41/II/84, de 18 de Junho, que passam a ser: (1) Conselho Nacional de Águas; (2) Comissões de Água; (3) Junta dos Recursos Hídricos e (4) Registo Nacional de Águas (RNA).

1986 – É criada a Direcção-Geral dos Recursos Naturais – Decreto-Lei n.º 130/86, de 7 de Junho.

1987 – É extinta a Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos - Decreto-Lei n.º 246/87, de 17 de Junho. Pelo Decreto-Lei 78/87, de 17 de Fevereiro, é regulamentado o Conselho Nacional de Águas como órgão Central de Gestão dos Recursos Hídricos, dependendo directamente do Conselho de Ministros.

1990 – Decreto-Lei n.º 11/90, de 6 de Janeiro, regulamenta a segurança nas barragens. Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de Março, define o regime jurídico do domínio público hídrico do Estado. Decreto-Lei n.º 74/90, de 27 de Março, define as normas da qualidade das águas de superfície segundo a utilização. Este Decreto transpõe para a legislação portuguesa quase todas as Directivas Comunitárias sobre a qualidade da água. Decreto-Lei n.º 84/90, de 16 de Março, aprova o regulamento da exploração das águas de nascente. Decreto-Lei n.º 85/90, de 16 de Março, aprova o regulamento das águas minero-industriais. Decreto-Lei n.º 87/90, de 16 de Março, aprova o regulamento das águas minerais. Decreto-Lei n.º 186/90, de 6 de Junho, determina o processo de avaliação de Impacte Ambiental. E Decreto Regulamentar n.º 38, de 27 de Novembro, que Regulamenta o Regime das Avaliações de Impacte Ambiental.

1991 – Aprovada a Directiva (Directiva do Conselho 91/271/CEE, Decisão da Comissão 93/481/CEE e Directiva da Comissão 98/15/CEE) relativa ao Tratamento de Águas Residuais Urbanas.

1992 – Convenção sobre a Protecção e a Utilização dos Cursos de Água Transfronteiriços dos Lagos Internacionais das Nações Unidas, assinada por Portugal (e Espanha) aprovado para ratificação - Decreto n.º 22/94 de 26 Julho.

1993 – Criação do Instituto da Água (INAG) – Decreto-Lei 187/93, de 24 de Maio. Lei orgânica do Instituto da Água – Decreto-Lei 191/93, de 24 de Maio. O INAG tem um papel importante, entre outras actividades, no planeamento do recurso, na promoção de estudos e empreendimentos no domínio hídrico, na implementação de sistemas de informação sobre a quantidade e qualidade da água, em termos nacionais. Ao INAG compete desenvolver sistemas de informação sobre as disponibilidades e as necessidades de recursos hídricos a nível nacional, promover, em articulação com as entidades competentes, o planeamento integrado por bacia hidrográfica e planeamento integrado do litoral, propor os grandes objectivos e estratégias para uma política de gestão integrada dos recursos hídricos nacionais. Estudar e propor as medidas técnicas, económicas e legislativas necessárias à optimização e da qualidade, nos seus aspectos físicos e ecológicos, promover a conservação dos recursos hídricos nacionais do ponto de vista quantitativa, promover novas infra-estruturas hidráulicas de âmbito nacional ou regional, com relevante interesse sócio-económico ou ambiental, e assegurar, em cooperação com as entidades competentes, o acompanhamento das questões relacionadas com recursos hídricos a nível comunitário e internacional²⁶. O Tratado da União Europeia foi aprovado em 1992, mas entrou em vigor a 1 de Novembro de 1993. No Art.º 130 do capítulo dedicado ao Ambiente define os objectivos no domínio da política da água, segundo os quais o Conselho se deve orientar na adopção de medidas.

1994 – Decretos-Leis nº 45/94, 46/94 e 47/94, de 22 de Fevereiro, foram estabelecidos respectivamente o processo de planeamento dos recursos hídricos, o regime de licenciamento das utilizações do domínio hídrico e o regime económico e financeiro das utilizações do domínio hídrico. Reunião Internacional sobre Água e Saúde Pública, realizada em Noordwijk, Holanda.

1995 – Na revisão do Código Penal (Decreto-Lei nº 48/95 de 15 de Março), o Ambiente passa a ser tutelado do ponto de vista jurídico-penal e pela primeira vez são previstos os crimes ecológicos: Crimes de Danos contra a Natureza (Art.º 278.º) e Crimes de Poluição (Art.ºs 279.º e 280.º).

²⁶ INAG

<http://www.sapo.pt/regional/governo/institutos/>; 30 de Junho de 2004

1997 – A protecção das águas contra a poluição causada pelos nitratos de origem agrícola é regulada pelo Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de Setembro, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/676/CEE do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991.

1998 – VI Reunião da Comissão Especial das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Nova Iorque, onde foram definidas as bases para a política da água no século XXI. Directiva Quadro da Água, aprovada no Conselho de Ministros da UE de 17 de Junho. Esta Directiva, ainda não estava em vigor até à aprovação pela Comissão Europeia, actualiza e integra num documento único todo o quadro normativo comunitário no domínio da água. Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Luso-Espanholas.

1999 – Revisão do Código de Água para possibilitar o acesso e o exercício da actividade de produção e de distribuição de água para abastecimento das populações ao sector privado e estabelece uma nova arquitectura (alterando o Decreto-Lei 41/II/84, de 18 de Junho) para o sector: a) Conselho Nacional de Águas, b) Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e c) Agência de Regulação Multisectorial, na sua componente água e saneamento – Decreto-Lei n.º 5/99, de Dezembro.

2000 – Directiva Quadro da Água (DQA) é o principal instrumento da política da água na União Europeia que estabelece a estrutura para a protecção e utilização sustentável de águas de superfície e subterrâneas no espaço comunitário, através de objectivos, princípios e medidas de base coordenados entre si e comuns a todos os estados membros. Directiva n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000, do Parlamento Europeu que fixa um quadro de acção comunitário no domínio da política da água, publicada (entrada em vigor) em 22 Dezembro de 2000.

2005 – O Conselho de Ministros aprovou a 5 de Junho, no âmbito da política de recursos hídricos, a “*Proposta de Lei que aprova a Lei-Quadro da Água*”, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

CAPÍTULO 2

A Água

A humanidade tem tido uma atitude antropocêntrica na sua relação com o meio (este entendido como meio recurso, *i.e.* um meio fornecedor de um conjunto de ofertas) porque a sua vivência se tem regido por um conjunto de valores e acções baseadas no domínio da humanidade sobre todos os componentes de Terra. A conservação e o desenvolvimento sustentável deverão ter por base o ambiente como recurso e as bases fundamentais de tal atitude terão de ser iniciadas desde tenra idade para que sejam fortemente consolidados os valores relacionais homem-ambiente. Astolfi (1992) apresenta três tipos de concepções de meio (Fig. 2.1):

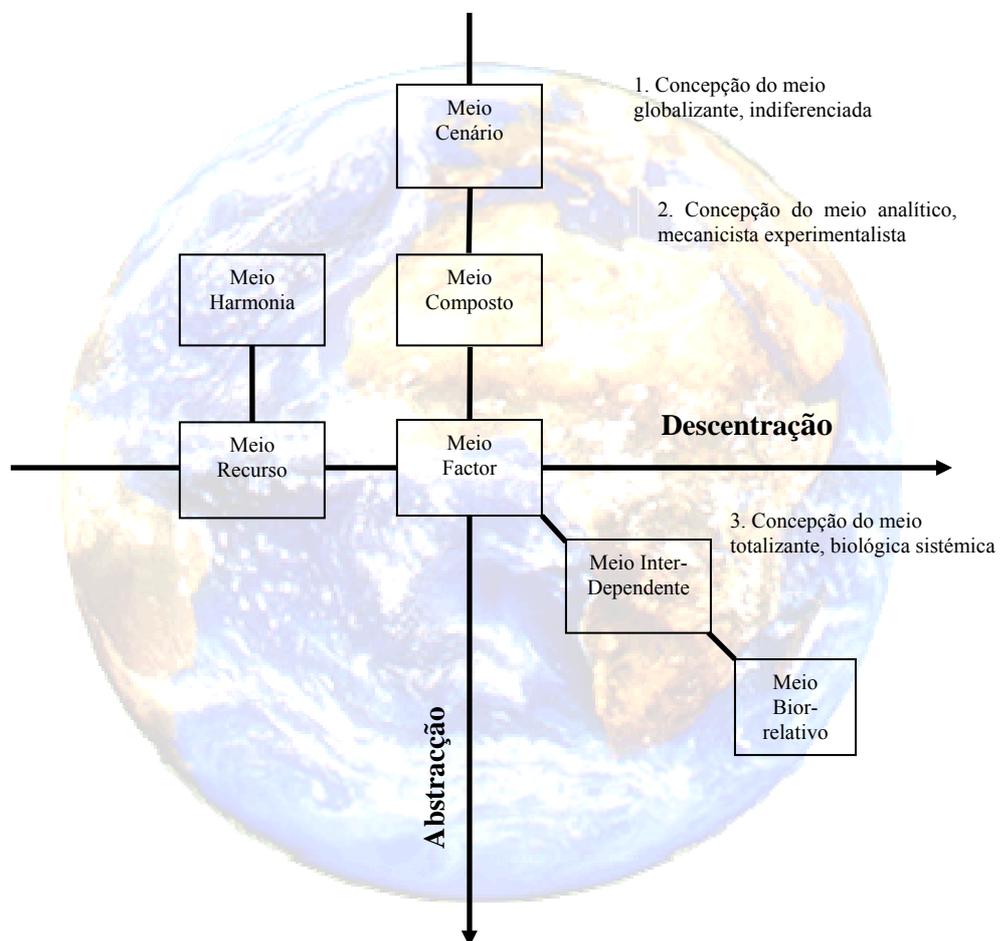


Figura 2.1. Diferentes concepções de meio entre um sincretismo pré-analítico até à visão sistémica, pós-analítica (Adaptado de Astolfi, 1992).

Concepção de Tipo 1 – meio globalizante, indiferenciado, pré-científico (meio-lugar, meio-harmonia, meio-recurso);

Concepção de Tipo 2 – meio analítico, mecanicista, experimentalista (meio-composto, meio-factor);

Concepção de Tipo 3 – meio totalizante, biológico, sistémico (meio-biorrelativo e biocentrado).

Estas concepções do meio são dirigidas por uma visão mais abrangente do mundo, do antropocentrismo ao biocentrismo. A actividade humana vai desde uma atitude crítica radical de Deus criador e Senhor do Universo para o Homem como detentor do poder de alterar o mundo e de o orientar no sentido do seu bem-estar e felicidade até uma posição auto-crítica dos seus limites e a sua inclusão no universo a que pertence como elemento influenciador de equilíbrios e desequilíbrios.

O antropocentrismo é uma concepção segundo a qual o homem é o centro e o fim último do Universo. Esta concepção radica nos racionalistas primitivos que separaram a humanidade da natureza, o mortal do imortal. A natureza relativizada e subordinada é objecto de controlo e não de comunhão. A Humanidade detentora da ciência arroga-se protagonista de messiânica tarefa e o seu papel é o de dominar o mundo, e tudo o que nele existe pode ser utilizado em seu benefício (Gillespie, 2000). O biocentrismo inspira uma ética do equilíbrio, que tem como premissa que confere validade à preservação da integridade, da estabilidade e da beleza da comunidade biótica. Portanto, submete o individualismo ao bem geral. Ao antropocentrismo, concepção dominante (Antunes, 2000), contrapõe-se um biocentrismo insurgente, que reconhece direitos intrínsecos à própria natureza, hostilizando o pragmatismo de matiz humanista.

O objectivo primeiro, de educar para o ambiente, é promover condutas correctas relacionadas com o ambiente de acordo com os valores assumidos livre e responsabilmente. Para tal, deve-se ter em conta outras envolventes como o plano afectivo, valorativo e cognitivo. A partir destes pressupostos, a função educativa deve ter por finalidade clarificar gradualmente os conceitos básicos, alicerçando um conhecimento científico que funcione de substrato para a interpretação rigorosa da problemática ambiental.

O processo educativo não deve basear-se no conhecimento por si só, porque não seria suficiente para produzir alterações automáticas de comportamento, mas baseado em conceitos, princípios e teorias que clarifiquem o funcionamento do ambiente. Os alunos devem ter presente que o ambiente é um sistema constituído por factores físicos e sócio-culturais interrelacionados, que condicionam a vida dos seres humanos e, que por sua vez, são modificados e condicionados por estes (Novo, 1986). O mesmo autor considera o planeta como um macrossistema constituído por diferentes subsistemas naturais e modificados, rurais e urbanos, etc., e também por sistemas sociais, económicos, tecnológicos, etc. Ou seja, estamos a defender uma visão sistémica ou interdependente do meio ambiente, enraizada em níveis crescentes de descentração e abstracção (Astolfi, 1992).

O ambiente como sistema, coloca um conjunto de relações que possibilita as inter-relações entre as partes que o constituem, conferindo-lhe a unidade. A interdependência relacional existente entre os vários componentes que constituem o todo, o ambiente, será o ponto de partida para educar para o ambiente porque os problemas que afectam os sistemas naturais (deterioração da água e outros, escassez de recursos, etc.) não podem ser entendidos sem os inter-relacionar com o que sucede com outros sistemas (*e.g.* económicos, etc.). O melhor desenvolvimento ou desenvolvimento sustentável é o que é baseado na utilização racional dos recursos e na valorização dos aspectos ecológicos (Goodland *et al.*, 1992).

As finalidades de educar para o ambiente, emanadas de várias conferências (Belgrado, 1975; Tblissi, 1977; UNESCO- PNUE, 1987) defendem os parâmetros a observar a nível nacional, comunitário e internacional (Giolitto, 1997).

Assim, consideramos que o estudo do ciclo do uso da água através de actividades experimentais e didáctico-pedagógicas poderão contribuir para a promoção da Educação Ambiental nos alunos do Ensino Básico. Por esta razão, problematizaremos de seguida os aspectos fundamentais que possam enquadrar teoricamente o tema deste projecto.

2.1. A água através dos tempos

2.1.1. Os mitos e a água

Os mitos podem ser considerados como uma das diferentes formas de organização do imaginário social, que recorrendo a explicações sagradas e míticas sobre os fenómenos naturais que temiam e fugiam do seu controlo racional. Por isso, organizaram as suas instituições, construíram os seus impérios e concretizaram as suas acções. Para Vieira e Weber (1997):

“Através de padrões historicamente transmitidos de significações compartilhadas e corporificadas em símbolos e instituições (crenças e mitos, valores e normas, formas mais elaboradas de conhecimento...), os seres humanos elaboram e consolidam a sua base de conhecimentos, as suas atitudes e estratégias de comportamento, sempre às voltas com as coacções estruturais impostas pelo meio ambiente natural.”

A visão mitopoética, isto é, anterior à visão filosófica e racionalizante, serviu de modelo explicativo durante a maior parte da história da humanidade, e nunca mais foi extinta. Na antiguidade, a água, por ser um dos elementos vitais para todas as sociedades, emanava uma elevada carga simbólica, manifestando a sua importância na organização das primeiras civilizações situadas nas bacias de grandes rios e nas costas mediterrânicas. O elemento *aqua*, sempre foi inspirador de indagações e motivo de adoração em diferentes culturas antigas.

Na visão mitológica, a água, da qual o oceano é sem dúvida o seu maior símbolo, carrega em si as sementes da vida, os segredos e as origens das suas inúmeras formas, assim como os medos que às vezes são invocados. Schama (1996) refere que:

“ver um rio equivale a mergulhar numa grande corrente de mitos e lembranças, forte o bastante para nos levar ao primeiro elemento aquático da nossa existência intra-uterina. E, com essa torrente, nasceram algumas das nossas paixões sociais e animais mais intensas: as misteriosas transformações do sangue e da água; a vitalidade e a mortalidade de heróis, impérios, nações e deuses... Desde a Antiguidade, que se comparava o...fluxo dos rios à circulação do sangue pelo corpo.”

e

“o curso arterial e autocontrolado do rio sagrado semelhante à corrente sanguínea dos homens, constituíra uma imagem permanente do fluxo da vida, a linha das águas, do começo ao fim, do nascimento à morte, da fonte à foz... Ademais, dominou a linguagem dos rios na Europa e no Ocidente, fornecendo imagens sobre a vida e a morte de nações e impérios e para a fatal alternância entre o comércio e calamidade.”

A Mitologia é o estudo e interpretação do mito e do conjunto de mitos de uma determinada cultura. A sequência temporal dos mitos é especial porque se reporta a - um “outro” tempo - o tempo antes do mundo ser tal e qual hoje se conhece. E não é só a referência ao tempo mas também a lugares fantásticos, a deuses e outros seres sobrenaturais que foram encarados como aspectos de ordem religiosa.

Os mitos resultaram de crenças e observações dos antigos rituais gregos, o primeiro povo ocidental, surgido por volta de 2000 a.C. Consta principalmente de um grupo de relatos e lendas diversos sobre uma variedade de deuses. Os deuses gregos eram descritos como semelhantes aos humanos em forma e sentimentos. A mitologia grega destacava a fraqueza humana em contraste com os fortes e terríveis poderes da natureza. Os gregos acreditavam que os seus deuses, que eram imortais, controlavam todos os aspectos da natureza e que as suas vidas dependiam totalmente da vontade destes, podendo aplicar castigos severos às pessoas que demonstravam comportamentos incorrectos, como, por exemplo, orgulho indulgente, ambição desmedida ou prosperidade excessiva.

Cada aspecto da vida grega estava relacionado com a mitologia e cada cidade tinha o seu ou os seus deuses²⁷, assumindo tal importância que “desde finais do século VI a cunhagem de moedas adopta as imagens dos deuses da cidade, as representações dos deuses e os atributos divinos tornam-se omnipresentes” (Burkert, 1993). Cada deus grego passou a ter uma representação para os romanos e outra para os gregos, como, por exemplo, Neptuno para os romanos e Poseidon para os gregos²⁸. Poseidon ou Posíden é o deus do mar e dos

²⁷ *Mitologia grega*

<http://www.geocities.com/Athens/Styx/7920/mitologi/mitologi.htm>; 15 de Maio de 2006

²⁸ *Deuses Gregos e Romanos*

<http://www.mundodosfilosofos.com.br/deuses.htm>; 15 de Maio de 2006

terramotos ou o Deus supremo do Mar²⁹. Apesar de ter oferecido os cavalos aos homens, era considerado um deus traiçoeiro, pois os gregos não confiavam nos caprichos do mar. Este deus é um exemplo característico de um deus irado. Segundo Homero, provocou tempestades para evitar o regresso de Ulisses à pátria. O reino de Poseidon era o das águas e o seu palácio situava-se no fundo do Mar Egeu e tinha como arma o tridente, com o qual provocava maremotos, tremores de terra e fazia brotar água do solo como sinónimo de vingança³⁰. A sua descendência herdara características maléficas e temperamentos violentos, sendo um dos seus descendentes o Deus dos abismos oceânicos.

Outro deus ligado à água era Oceanus, Oceano ou Mares, que era o imenso rio que “rodeava” a Terra, era o pai de todos os rios e das Oceânides²⁹. Era a personificação da água que envolve o mundo. Oceano teve milhares de filhos, 3000 lagos ou aceânides e 3000 rios³¹. Há ainda outros deuses que estão, de algum modo, relacionados com a água: Nereu era o Velho deus marinho que tinha o dom da profecia e a faculdade de tomar várias formas; Proteu era o pastor das focas de Poseidon que tinha o poder de se transformar em todas as formas que pretendesse, não só de animais, mas também de plantas e de elementos, como a água e o fogo; Ninfas eram as filhas de Zeus, representavam as forças elementares da natureza. Moravam nos montes, nos bosques, nas fontes, nos rios, nas grutas, das quais eram potências benéficas.

Os mitos não estão unicamente ligados a tempos remotos mas continuam a fazer parte do quotidiano de muitos brasileiros, neste caso específico, marcados por raízes afrobrasileiras. No Brasil, Iemanjá é a Rainha das Águas, a Rainha do Mar ou a Senhora absoluta de todas as águas, de tudo o que vive na água. Esta Grande Senhora manda e decide sobre a vida dos pescadores às ondas dos surfistas ou da tranquilidade à fúria da tempestade do mar³². Os jesuítas portugueses tentaram impor os rituais e mitos católicos aos africanos, através de “casamentos” entre santos cristãos e Orixás africanos pelos pontos comuns que existiam

²⁹ *Posídon*

Wikipédia. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Poseidon>; 15 de Maio de 2006

³⁰ *Poseidon*

<http://www.nomismatike.hpg.ig.com.br/Mitologia/Poseidon.html>; 15 de Maio de 2006

³¹ *Oceano*

<http://www.geocities.com/Athens/Styx/7920/titas/oceno.htm>; 15 de Maio de 2006

³² *Os encantos e a doçura de iemanjá*

<http://www.rosanevolpatto.trd.br/deusaiemanja1.htm>; 14 de Julho de 2006

entre as duas crenças ou religiões. Na sua origem africana também representa um rio que vai desaguar ao mar. Iemanjá é um orixá dos mais populares e venerados do Candomblé e Umbanda. Há duas festas anuais em sua honra: a 2 de Fevereiro em Salvador, capital da Baía na praia do rio Vermelho, e em Porto Alegre; e a 8 de Dezembro que coincide com o dia da padroeira da Baía, Nossa Senhora da Conceição da Praia. Enquanto a festa católica tem lugar na Basílica de Nossa Senhora da Conceição da Praia, simultaneamente os terreiros de Candomblé e Umbanda são circundados com ornamentações para delimitar as casas de santo que irão efectuar os trabalhos na areia³³. Também no Rio de Janeiro, em Santos, e nas praias de Porto Alegre é tradicional fazer ofertas ao mar, a Iemanjá³⁴. Mereceu do poeta e compositor Vinicius de Moraes algumas canções como: “Arrastão”, “Canto de Imanjá”³⁵.

Liebmann (1979) indica ser possível compreender a importância desempenhada pela água na mitologia devido às correlações entre o culto e a forma como se administravam os recursos hídricos, dado os sistemas teocráticos vigentes nos reinos egípcios, que poderão ser vistos como a forma encontrada pelos governantes para a manutenção do poder e subjugação do povo, através da evocação de mitos, posicionando-os sob o desígnio dos céus e dos deuses. Apesar dos apelos mágico-religiosos, o Homem sempre se deparou com situações e desafios concretos, que necessitou de enfrentar. Desde a génese da história das civilizações, o domínio da água era perseguido, sendo limitado ao desenvolvimento de técnicas, como por exemplo, de irrigação, de canalizações exteriores ou subterrâneas, de construção de diques, entre outros. Estas técnicas são consideradas como fundadoras das civilizações hidráulicas na Antiguidade (Decrosse, 1990).

Para explicar a origem dos rios, acreditava-se que eles fossem alimentados pela água do mar, a qual ascendia através da destilação provocada pelo fogo interior das rochas que a

³³ *Iemanjá*

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Iemanj%C3%A1>; 14 de Julho de 2006

³⁴ *Iemanjá*. Texto e ilustração extraídos do livro Os Orixás. Publicado pela Editora Três. *O Perfil do Orixá*

<http://www.umbandaracional.com.br/iemanja.html>; 14 de Julho de 2006

³⁵ *Mistura e Manda*/Nº 34 – 2/2/2004. *Iemanjá, rainha das águas*

<http://www.brasileirinho.mus.br/arquivomistura/34-020204.htm>; 14 de Julho de 2006

teria livrado do sal ou ainda, por meio do refluxo capilar da água em movimento ascendente, mediante o peso exercido pelas montanhas. É então que a água adquire um novo significado, o de processo geológico sem conotações transcendentais. No entanto, não era possível aos antigos filósofos dar uma explicação científica acerca do ciclo hidrológico ou do nível do mar ser constante, por exemplo. Factos que só viriam a ser clarificados no final do século XVII, na Europa. No entanto, a ideia da conservação da água, do seu escoamento e da sua renovação estava presente no pensamento filosófico da altura (Hubert, 1990). Mas os aspectos da qualidade já estavam presentes em 427-347 a.C., porque Platão considerava a necessidade de disciplinar o seu uso e prescrevia alguma forma de penalização para aqueles que lhe causassem algum dano pois, para ele, a água era a coisa mais necessária à manutenção das plantações. Contudo, a terra, o sol e os ventos, concorrentes da água na alimentação das plantas, não estavam sujeitos ao envenenamento, desvio ou roubo, sendo que tais danos poderiam, eventualmente, acontecer à água, necessitando de uma lei de protecção, talvez a primeira. Platão propôs (Nicolazo, 1989):

“Qualquer um que tenha corrompido a água de outrem, seja de fonte, água de chuva estocada, jogando drogas... o proprietário deverá queixar-se... e fará ele próprio, a estimativa do prejuízo: e aquele que será convencido de ter corrompido a água, além de reparar o prejuízo, será obrigado a limpar a fonte ou o reservatório, conforme as regras prescritas pelos intérpretes, seguindo a exigência dos casos e das pessoas.”

Esta lei poderia substituir com elevados benefícios ambientais a actual, baseada no princípio do poluidor-pagador, porque não se limitava a uma pagamento do suposto prejuízo/dano ambiental mas ainda de uma correcção do dano causado.

2.1.2. A gestão da água na Antiguidade

A tecnologia hidráulica foi desenvolvida a partir duma necessidade imperiosa de sobrevivência, quer para dar resposta às obras de irrigação quer às de captação para abastecimento para consumo. Os primeiros documentos escritos dos Sumérios, datam aproximadamente 4000 anos a.C., incluem informações acerca da irrigação de lavouras dispostas em terraços. O fluxo do rio Nilo era controlado administrativamente na civilização egípcia que determinava os níveis de água durante os períodos anuais. Também

na Mesopotâmia (Netto, 1959) foram desenvolvidos processos de irrigação e obras de saneamento, entre as quais se destacam as galerias de esgotos construídas em Nippur, Índia, por volta de 3750 a.C.; o abastecimento de água e a drenagem encontrados no Vale do Indo em 3200 a.C., onde muitas ruas e passagens possuíam canais de esgotos, cobertos por tijolos com aberturas para vistoriar, e as casas eram equipadas com banheiras e *latrinas*, despejando o efluente directamente nesses canais; a utilização de tubos de cobre como os do palácio do faraó Cheóps; a utilização do sulfato de alumínio pelos egípcios em 2000 a.C. com a finalidade de clarear a água de abastecimento.

A par do desenvolvimento da tecnologia hidráulica também havia preocupações com a qualidade da água ao nível da transmissão de doenças. Segundo o mesmo autor (Netto, 1959), acima referido, documentos em sânscrito datados de 2000 a.C. recomendavam o acondicionamento da água em recipientes de cobre, a filtração através do carvão ou de areia e cascalho e/ou a introdução de uma barra de ferro aquecida. Os egípcios utilizavam a decantação por volta de 1500 a.C. No Egipto foram construídas barragens escalonadas no rio Nilo e tanques de nivelamento.

Na Pérsia, a água era canalizada através dos *jubes* (galerias subterrâneas escavadas até 10 m de profundidade) que conduziam a água das montanhas até às planícies habitadas (Liebmann, 1979). Na Grécia foi criada uma tecnologia de captação e distribuição de água para longas distâncias. Os gregos tinham preocupações sanitárias confirmadas pelo suprimento de água e a eliminação dos esgotos. Armazenavam a água da chuva e depois através de canos conduziam-na às regiões mais baixas e possuíam um sistema de descarga sanitária em Atenas.

O abastecimento de água e os esgotos sempre estiveram no centro das preocupações desde tempos mais remotos. No século IV a.C., os romanos tinham 856 banhos públicos e 14 termas, com um consumo de água diário de 750 milhões de litros (Liebmann, 1979). Por outro lado, os cuidados com os esgotos levaram à construção da denominada “*cloaca máxima*”, (Netto, 1959), era um conduto livre em pedra que funcionava de receptor dos esgotos de Roma, em 514 a.C. No entanto, também é defendido (Grimal, 1990) que este colector serviu, em primeiro lugar, para a drenagem dos pântanos e só posteriormente

assegurou uma relativa higiene no escoamento dos esgotos. A título de curiosidade, refira-se que por volta de 50 a.C., em Roma havia dez grandes canalizações para abastecimento de água potável, com mais de 400 km e cada cidadão recebia uma média diária de 95 litros de água.

O controlo do fornecimento de água, neste período, ficava sob a responsabilidade de algumas pessoas que incutiam nas populações o sentido de uma gestão adequada do recurso. Além disso, havia um armazenamento preventivo de água em recipientes específicos destinado ao abastecimento das cidades romanas e em que os canos eram dispostos em níveis diferentes, consoante se destinavam ao abastecimento das residências particulares ou de edifícios públicos como os banhos e hospitais, assim como os poços públicos. Como as canalizações situadas em níveis mais altos abasteciam as casas, tinha como consequência que eram as primeiras a serem afectadas no caso de haver falta de água. Estes povos desenvolveram dispositivos para medição do consumo de água e pelos quais os consumidores pagavam uma taxa única. A este respeito Liebmann (1979) refere que: “já se compreendia a necessidade de se economizar a água na adopção de latrinas dotadas de água corrente proveniente da recirculação das águas ... dos banhos públicos”. Deverá situar-se, nesta época, certamente, a génese do reuso e da sustentabilidade da água e não uma apropriação recente. Então, fará grande sentido considerar a água um problema de sempre onde não podem ser delimitadas barreiras temporais.

Desde tempos muito remotos, foi reconhecida a relação da água com a saúde. O primeiro código de higiene escrito, data de 1500 a.C., referia um conjunto de deveres que protegia a água de consumo, a eliminação de excrementos e desperdícios e a higiene do corpo. Na civilização grega, enquanto se desenvolvia uma primorosa higiene pessoal era descuidado o saneamento do meio. Em oposição, o Império Romano foi famoso pelas relevantes obras de engenharia sanitária. Os governos tomaram medidas para assegurar um abastecimento de água relativamente adequado, mediante a construção de esplêndidos aquedutos e túneis; também se construíram inúmeros banhos públicos e esgotos subterrâneos (fossas).

2.1.3. A água na Idade Média

Na Idade Média, a água foi uma das questões mais relevantes ao ser considerada (Leray, 1982) a *Idade da Água*, representando “um ponto de reencontro das principais actividades da Idade Média”, em que o meio de transporte hídrico se transformou no *pulmão* da vida económica da época. Comparando esta época com a Antiguidade, no que respeita à questão sanitária, houve um retrocesso (Liebmann, 1979). Tal facto, prende-se com o reduzido consumo de água (menos de 1 litro *per capita*/dia) em algumas cidades, causando graves problemas de saúde. No século V, após o domínio romano no Ocidente, ainda havia um certo *carácter sagrado* (Guillerme, 1990) relacionado com a água. Enquanto nos séculos X e XI, as cidades eram edificadas nas margens dos cursos de água, surgindo, também, as primeiras obras portuárias nas margens dos rios. A água começa a ter um papel vital no desenvolvimento económico, demonstrado pela implementação de moinhos para múltiplas aplicações, especialmente actividades transformadoras da época (moagem, tecelagem, tinturaria, curtumes, etc.). Veneza é um exemplo de uma cidade planeada em função da circulação interior de águas. Esta cidade, entrecortada por canais, corresponde a uma realidade que marcou profundamente a paisagem urbana de várias cidades europeias (Calabi, 1990).

O abastecimento de água potável era dominado pela alta aristocracia laica e eclesiástica que exercia uma supremacia sobre a maior parte dos cursos de água, enquanto no século XII, as fontes artificiais eram vistas como uma referência de urbanidade e importantes locais de sociabilidade urbana, mantidas colectivamente pelos cidadãos. A generalidade da população possuía poços no interior das casas para abastecimento próprio, mas acontecia que a presença de fossas e a utilização de adubos contaminavam os lençóis freáticos, contribuindo para a proliferação de doenças. A contaminação aquática é um facto antigo e como medida preventiva levou à implementação de sistemas de esgotos. Simultaneamente, foram criadas normas proibitivas de descarga de animais mortos nos rios (Tibre em Roma e Sena em Paris), a lavagem dos curtumes e a descarga de efluentes com tintos.

Empiricamente, eram conhecidas as relações entre os problemas de saneamento e da doença, conduzindo à elaboração de normas. O *Acto inglês*, decretado em 1388, (Pompeu, 1976) foi considerado a lei britânica mais antiga sobre poluição aquática e aérea, que

proibia o lançamento de excrementos, lixo e detritos em fossas, rios e outros pontos de água. Também em Augsburg, em 1453, foram estabelecidas leis rígidas de protecção aos meios aquáticos destinadas a controlar a contaminação dos rios que eram fontes de abastecimento público. Tais medidas não tiveram grandes resultados porque nas cidades medievais eram introduzidos, pelos cidadãos em geral, e pelos artesãos em particular, diferentes poluentes que provocaram um conjunto de perturbações ambientais (Roche, 1990): poluição com alteração do equilíbrio hídrico, contaminação dos lençóis freáticos, acumulação de riscos epidémicos e destruição de amplas áreas florestais, originando a chamada “a primeira grande transformação dos ecossistemas”.

A Idade Média foi marcada por guerras, grandes epidemias, além da peste, destacando-se a varíola, a cólera, lepra, tifo, etc. que dizimaram um terço da população europeia. Assistiu-se, nessa época, a um grande retrocesso nas condições de salubridade porque o consumo de água *per capita* era de 1 litro por dia, referindo Menezes (1984) que “ninguém praticamente tomou banho em mil anos”. Os hábitos higiénicos eram pouco considerados e a dimensão dos problemas sanitários provocados pela deposição dos lixos de diferentes procedências nas vias públicas e as deficientes ou inexistentes instalações sanitárias, associadas à escassez de água para higiene pessoal reuniram as condições ideais para as ocorrências verificadas. Apesar de todos os aspectos negativos o processo de desenvolvimento económico foi lento mas progressivo.

Nesta época, houve um retrocesso em relação ao saneamento e à higiene pessoal, dado considerarem imoral a contemplação do próprio corpo, conduzindo a que raramente tomassem banho ou mudassem de roupa. O saneamento foi totalmente ignorado e assisteu-se à acumulação de desperdícios e excrementos nas habitações ou nas zonas envolventes. Por outro lado, a água suja era lançada para a rua através das janelas, dando origem, quando tal acontecia, ao grito “*vai água*”. As peregrinações a Meca e as Cruzadas propagaram as epidemias de cólera. Ainda são de destacar a peste bubónica, a varíola, o tifo e a lepra como as doenças mais importantes dessa época, que conduziram a rudimentares e insuficientes medidas de Saúde Pública como o isolamento e a quarentena.

2.1.4. A água no Renascimento

Este período alterou positivamente (Guillermes, 1990) o estado de estagnação e subdesenvolvimento permanente em que viviam as populações na Idade Média, arrasando fossos de protecção às cidades que concentravam águas estagnadas e eram focos potenciais de doenças como, por exemplo, a malária. Outra consequência dos fossos de protecção foi o aparecimento dum microclima de forte nebulosidade à sua volta, que permanece desde o século XV até ao seu desaparecimento por volta do século XIX. A hidráulica foi uma “arte” desenvolvida e projectada por artistas clássicos, representada pelas fontes (chafarizes) inspiradas na mitologia hídrica e nas de origem da criação grega. É no entanto, a partir do século XVII que a construção de chafarizes e repuxos nos jardins e parques das vilas renascentistas assume uma expressão significativa. A este respeito é referido (Schama, 1996) que:

“isso exigia dos arquitectos não só grande familiaridade com a gramática da hidromitologia como toda uma nova tecnologia hidráulica ornamental. Achava-se, era inevitável, que a origem desta também era greco-egípcia, como dizem os tratados de Alexandria datados do século III a.C. A nova mecânica baseava-se em teoremas que teriam sido propostos por físicos e matemáticos alexandrinos.”

O mesmo autor refere que foi criado o título de *superintendente dos rios e da água*, concedido a alguns dos mais famosos *fontanierii* (responsáveis pelas fontes), sendo muito mais valioso que um certificado de engenharia. Os princípios da hidráulica alexandrina serviam, simultaneamente, finalidades estéticas e de abastecimento de água.

No final do século XV, em Paris, controlava-se a distribuição de água através de canalizações e cerca de uma dezena de fontes que, sob a vigilância da municipalidade, abastecia alguns privilegiados detentores de concessões gratuitas. No governo de Henrique IV foram introduzidas medidas de fiscalização das águas por representantes do rei e obrigatoriedade do pagamento das concessões para consumo.

O período moderno foi marcado por significativas alterações técnicas, por exemplo, (Roche, 1990) aquando da seca ocorrida em França, entre 1639 e 1660, ao nível da tecnologia hidráulica, aumentou o rendimento das bombas que captavam a água

directamente dos rios, exigindo do governo da altura o melhoramento do controlo do uso das águas de domínio privado e público. Em 1664, verifica-se um aumento significativo na distribuição de água canalizada para abastecimento provocado pelo desenvolvimento dessas novas tecnologias e fabrico de canalização em ferro fundido. Há inúmeras actividades que foram desenvolvidas ao longo dos tempos que encontraram suporte na água. Assim: desenvolvimento têxtil, a revolução termodinâmica provocada pela máquina a vapor (1764) que além do grande impacto sócio-económica também afectou o ambiente. Se, por um lado se assistia a um grande consumo de água, por outro era necessário encontrar soluções capazes de dar resposta à necessidade de implementação de novas redes de abastecimento de água e de esgotos. É a partir de meados do século XIX que se inicia a implantação de saneamento, modelos administrativos e legislação.

Pompeu (1976) refere que o texto francês mais antigo relacionado com o combate à poluição das águas, datado de 1829, previa uma multa ou prisão para quem descarregasse drogas ou produtos susceptíveis de provocarem envenenamento ou destruição dos peixes. Em Inglaterra, a introdução de uma rede de esgotos e descarga directa dos efluentes nos rios provocou a sua contaminação, acrescida significativamente, também, pelos detritos industriais os quais mereceram a inclusão na *lei britânica de controlo da poluição das águas* de 1833. Procurava-se um controlo sanitário e social das doenças através da *higienização* das cidades e das habitações (Roche, 1990).

O Renascimento é caracterizado por uma tendência de concentração social, expansão do comércio e dos grandes movimentos de populações, que não veio melhor a situação existente. Pela primeira vez se questiona a origem divina da doença e inicia-se a busca da verdade científica como uma meta em si mesma. As condições higiénicas continuavam deploráveis, os lixos que se acumulavam nas casas do século XVIII eram despejados nas ruas. A varíola, a cólera, a febre tifóide, a tuberculose e outras doenças atingiam níveis epidémicos elevadíssimos, a contaminação dos cursos de água abrangeu grandes extensões. Em diferentes países, assiste-se ao desenvolvimento de sistemas de melhoramento de abastecimento de água e rede esgotos: Inglaterra, Países Baixos, Alemanha, Península Escandinava, Estados Unidos, etc. Nos finais do século XVIII, a cidade de Nova Iorque

constituiu uma Comissão de Saúde Pública, cujo âmbito de actividade englobava o abastecimento de água, construção de rede de esgotos e drenagem de pântanos.

2.1.5. A idade da responsabilidade ambiental

Nos últimos 50 anos os avanços científicos demonstraram a totalidade dos impactes humanos exercidos na água. Digamos que o impacte dramático do livro de Rachel Carson, “*Primavera Silenciosa*” desperta o público para a contaminação da água, entre outros aspectos, e serviu de catalizador para a mudança na política e prática. Durante a última década do século XX, uma nova abordagem à gestão da água emergiu e englobava cinco aspectos (Lehr e Keeley, 2005):

Primeiro - foca o tratamento de esgotos e o controlo da poluição;

Segundo - preocupa-se com a distribuição da água para proteger os sistemas aquáticos dos impactes da abstracção (não dar importância atempada) e da regulação (determinação do curso) do fluxo do rio;

Terceiro - está relacionado com projectos de canais de acordo com a natureza e trabalhos de engenharia civil ambientalmente sensíveis;

Quarto - há um interesse acrescido no estabelecimento de áreas protegidas e os refúgios de habitats isolados da interferência humana, incluindo a pesca e a caça. Bem como o distúrbio do habitat.

Quinto - é particularmente importante: a colaboração na tomada de decisão, envolvendo accionistas informados e participação pública, suportadas por estratégias educacionais públicas que promovam a posse das água e dos seus ecossistemas associados pela comunidade.

A compreensão científica dos processos de transferência da água dos corpos hídricos, a evolução de novos instrumentos para a gestão da água, a legislação, a participação pública e a Educação Ambiental são elementos chave desta nova abordagem da Idade da Responsabilidade Ambiental.

2.1.6. A actualidade

Durante muito tempo a água foi considerada um recurso inesgotável, abundante e renovável, enquanto hoje o mau uso, aliado à crescente exigência pelo recurso, preocupa

especialistas e autoridades³⁶. A criação de mecanismos de controlo dos recursos seria uma medida importante na reversão do processo de actividades conducentes à contaminação dos rios. A regulamentação e adopção de instrumentos de gestão, previstos na maioria das legislações de variadíssimos países, conduziram à preservação dos recursos hídricos. O processo de desenvolvimento e do uso sustentável dos recursos naturais pode conduzir à solução dos problemas e conflitos em relação à água (Rocha, 2000).

A poluição é um dos principais factores que conduzem os recursos hídricos à degradação. É mais económico conservar do que desenvolver programas de despoluição ou remediação porque implica custos elevados e são morosos na consecução.

Há escassez de água quando a disponibilidade da mesma é inferior a 1 000 m³ de água doce renovável por pessoa/ano. O *stress* hídrico ocorre quando o valor é inferior, ou seja, abaixo de 1700 m³ (Gardner-Outlaw e Engelman, 1997; UNEP, 2000³⁷). A realidade actual nos diferentes continentes é bastante elucidativa da escassez ou *stress* hídrico, assim como as perspectivas futuras (UNEP, 2000³⁷):

África – em 2000 tinha catorze países com escassez ou *stress* hídrico e no ano 2025 perspectiva-se mais onze, o que totalizará vinte e cinco;

Ásia e Pacífico – a maior problemática reside no abastecimento de água porque um em cada três habitantes não tem acesso a água potável, sendo a água doce um factor limitante à produção de alimentos no futuro;

Europa e Ásia Central – mais de metade das grandes cidades europeias sobrepõem os recursos de águas subterrâneas, apesar destas apresentarem um elevado nível de poluição;

América Latina e Caraíbas – três quartos das zonas mais urbanizadas têm escassez de água;

América do Norte – ecossistemas costeiros e marinhos degradados pelo conteúdo excessivo em fertilizantes que têm conduzido ao desaparecimento progressivo de espécies piscatórias;

³⁶ *Água no Planeta*

<http://www.uniagua.org/br/aguaplaneta.htm>; 10 de Maio de 2002

³⁷ UNEP, 2000 – *Overview Geo-2000. Global Environment Outlook*. Produced by UNEP GEO team <http://www.grida.no/geo2000/ov-e.pdf>; 5 de Maio de 2002

Ásia Ocidental – abastecimento de água renovável inferior a 1000 m³, sofre de escassez crónica de água;

Regiões Polares – contaminação por isótopos radioactivos nos sedimentos marinhos do Ártico.

Pelo exposto, pode deduzir-se que o quadro global dos continentes e regiões é bastante elucidativo da realidade actual. Em maior ou menor extensão, a água sofre impactes de várias ordens porque se tem negligenciado continuamente as medidas necessárias a uma gestão e uso sustentável. Usar prudentemente, tratar e reutilizar.

A situação actual da água vai desde a falta de potabilidade à escassez, passando pela sua gestão ineficiente:

Mais de mil milhões de pessoas não têm acesso a água potável.

Dois mil milhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico adequado.

Mais de três milhões de pessoas morrem, anualmente, por doenças causadas pela falta de qualidade da água.

Quatro em cada dez pessoas vivem actualmente em bacias hidrográficas que enfrentam a escassez de água. Até 2025, pelo menos, 3,5 mil milhões de pessoas (cerca de 50% da população mundial) irá enfrentar escassez de água nas regiões que habitam.

A utilização das águas subterrâneas na agricultura excede a capacidade natural de recuperação por 160 mil milhões de m³ por ano.

Cerca de 30% dos maiores lençóis de água do mundo perderam mais de três quartos da sua cobertura florestal original.

As perdas na irrigação agrícola representam entre 25 e 40% da utilização da água na agricultura.

2.2. A problemática da água

A água constitui uma necessidade imprescindível para a saúde e para a sobrevivência da Humanidade, pelo que seria fundamental considerá-la como um dos direitos básicos humanos (ver Carta Europeia da Água, Conselho da Europa, Estrasburgo, 1968). Para a humanidade, bem como para todos os seres vivos do planeta, a diferença entre a vida e a morte depende de um abastecimento/consumo constante de água.

É comum ouvir-se dizer que as barragens não têm os níveis de água suficientes em determinadas épocas, que os corpos hídricos estão contaminados, que o crescimento populacional é contínuo, mas a rede de distribuição e as fontes de captação continuam as mesmas. Parece estranho que se dois terços da superfície do Planeta (Fig. 2.2) estão cobertos de água como é que se verifica tal situação. Isto deve-se a que só uma parte ínfima da totalidade da água existente na Terra é água doce captável e utilizável.

A distribuição de água doce no Planeta é a seguinte (Nigro e Campos, 2001): só 2,5% da água do Planeta é doce, e desta, cerca de 70% encontra-se aprisionada em glaciares e calotes polares, cerca de 30% no subsolo, e menos de 0,5% em rios e lagos. Pela análise da Figura 2.2, pode observar-se que há uma enorme disparidade entre a percentagem dos dois tipos de água. Se ao total da distribuição da água doce utilizável (0,5%) for deduzido 0,35% dos lagos e pântanos e 0,04% na atmosfera, então a quantidade da água nos rios resume-se apenas a 0,01%, ou seja, a parte mais facilmente utilizável pelo Homem. A água subterrânea é de difícil aproveitamento porque a profundidades superiores a 750 m (Cunha *et al.*, 1980) envolveria um suporte técnico e económico inabarcável.

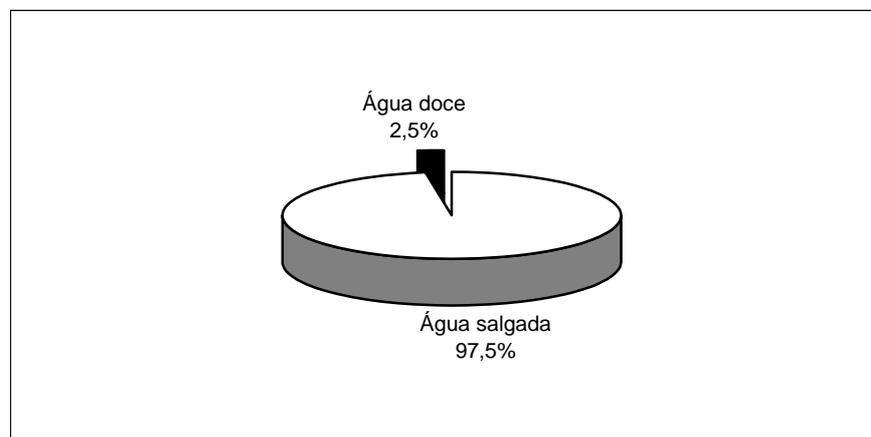


Figura 2.2. Distribuição global de água doce e salgada na Terra.

Na figura 2.3, pode observar-se a distribuição global de 2,5% de água doce existente no planeta Terra.

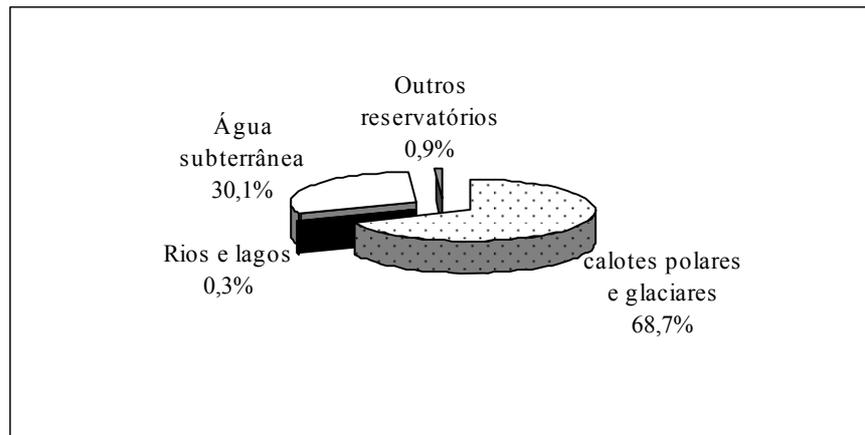


Figura 2.3. Distribuição global de água doce na Terra. As respectivas percentagens correspondem: 68,7% a 24060000 km³, 30,1% a 10530000 km³, 0,3% a 93000 km³ e 0,9% a 320000 km³ (Shiklomanov, 1993).

Numa visão ecocêntrica, onde colocamos o Homem como parte integrante do ecossistema, poderemos dizer que as suas necessidades serão *antropossistémicas* e *exossomáticas* (López *et al.*, 1999). As primeiras, *antropossistémicas*, englobam o metabolismo somático, ou seja, os recursos e a energia que o Homem utiliza como espécie biológica. Enquanto as segundas, *exossomáticas*, estão relacionadas com os recursos e energia que o Homem utiliza no desenvolvimento industrial e tecnológico, transporte, cultura, educação, etc...

Os mesmos autores, López *et al.* (1999) referem que 40 litros são o volume total da água contido num Homem de peso médio (70 kg), ou seja, 57% do peso total de uma pessoa é água e num recém-nascido chega a 70%, diminuindo esta, progressivamente, com a idade. A distribuição interna envolve duas áreas distintas: intracelular com 25 litros, e extracelular com 15 litros. O organismo pode ainda subdividir-se em diferentes componentes: sangue com 5 litros de água, tendo as suas células (intracelular) 2 litros e o plasma (extracelular) 3 litros. De referir ainda que um mamífero morre de sede 10 vezes mais rapidamente do que de fome, e que uma desidratação de 10% é geralmente fatal para os mamíferos. Torna-se, portanto, evidente a importância de manter um volume sanguíneo correcto assim como um equilíbrio hídrico dinâmico adequado no organismo. Facto que só se verifica se a Humanidade tiver acesso à quantidade de água necessária.

2.2.1. Distribuição da água no Planeta Terra

As reservas de água doce, ou utilizáveis, distribuem-se desigualmente no Planeta em função das particularidades do ciclo hidrológico natural, enquanto que algumas regiões recebem quantidades significativas de água pela precipitação ou escoamento dos rios, outras são extremamente áridas.

Os factores humanos, especialmente a densidade populacional, o intenso desenvolvimento industrial e as práticas menos correctas de gestão dos recursos, em geral, podem induzir condições que acentuam a escassez deste bem. A partilha internacional do recurso água potencia significativamente o problema da escassez e acentua a competição pelo mesmo, gerando, muitas vezes, conflitos de natureza diversa. Embora haja quem defenda (Priscoli, 1998) que a água total disponível na Terra é suficiente e que o problema se coloca somente na distribuição assimétrica da população. Como exemplo, refira-se a Ásia com 60% da população mundial, mas apenas com 36% de água de escoamento, enquanto a América do Sul tem 5% da população mundial e possui 26% de escoamento (Gleick, 1993).

Cerca de metade da superfície do planeta Terra, e talvez 70% da superfície habitada, constitui uma ampla bacia hidrográfica internacional e partilha um elevado número dos principais rios que têm um carácter internacional, rompendo fronteiras de dois ou mais países (Gleick, 1993). As disparidades hidrológicas vão desde o volume de água transportado à dimensão das respectivas bacias. Este parâmetro geográfico define a realidade geopolítica de disputas sobre a partilha e acesso desiguais de águas transfronteiriças. Na Tabela 2.1 apresentam-se alguns rios internacionais, cujas bacias são partilhadas entre países.

Tabela 2.1. Selecção de rios transfronteiriços, bacias hidrográficas e países ribeirinhos. Adaptado de Wolf *et al.*, 1999).

Continentes	Rios	Área das bacias (km ³)	Países
África	Congo /Zaire	3 699 100	Congo (Kinshasa), R.C.Africana, Angola, Congo (Brazaville), Zâmbia, Tanzânia, Camarões, Burundi, Ruanda, Gabão, Malawi;
	Lago Chade	2 394 200	Chade, Níger, R. C. Africana, Nigéria, Sudão, Camarões, Líbia, Argélia;
	Gambia	70 000	Guiné, Guiné-Bissau, Senegal;
	Limpopo	415 500	África do Sul, Moçambique, Botswana, Zimbawe;
	Níger	2 117 700	Nigéria, Mali, Níger, Argélia, Guiné, Camarões, Burkina Faso, Benin, Chade, Serra Leoa;
	Nilo	3 038 100	Sudão, Etiópia, Egipto, Uganda, Tanzânia, Kénia, Congo (RD), Ruanda, Burundi, Eritreia;
	Orange	947 700	África do Sul, Namíbia, Botswana, Lesoto;
Ásia	Amur	1 884 000	Rússia, China, Mongólia, RD Coreia;
	Asi/Orontes	18 200	Síria, Turquia, Líbano;
	Indus	1 086 000	Paquistão, Índia, China, Afeganistão;
	Jordão	42 800	Jordânia, Israel, Síria, Líbano;
	Mekong	780 300	Burma, Cambodja, China, Laos, Tailândia, Vietname;
Europa	Dnieper	495 500	Ucrânia, Bielo-Rússia, Rússia;
	Don	435 600	Rússia, Ucrânia;
	Douro	96 200	Portugal, Espanha;
	Elba	139 500	Alemanha, R. Checa, Áustria, Polónia;
	Pó	87 100	Itália, Suíça, França, Áustria;
	Tejo	69 900	Espanha, Portugal;
	Volga	1 553 900	Rússia, Kazakistão, Bielo-Rússia;
Américas	Colorado	651 100	Estados Unidos, México;
	Columbia	668 400	Estados Unidos, Canadá;
	Rio Grande	548 800	Estados Unidos, México;
	Amazonas	5 866 100	Brasil, Perú, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname;
	Orinoco	958 500	Venezuela, Colômbia;

O padrão de utilização também apresenta grandes disparidades porque enquanto alguns países industrialmente desenvolvidos e com uma agricultura intensiva irrigada consomem anualmente 1500 m³, *per capita*, outros há que consomem menos de 100 m³ *per capita* (Ehrlich *et al.*, 2000). Para demonstrar as enormes disparidades do total de água potável captada e a sua afectação percentual nos diferentes usos para um significativo número de países apresenta-se a Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Água potável captada nos diferentes países e utilizada por sector. Adaptado de World's Water. *Freshwater Withdrawal by Country and Sector*³⁸.

Países	Ano	Captção Total (km ³)	Captada <i>per capita</i> (estimada em 2000; km ³ /ano)	Uso Doméstico (%)	Uso Industrial (%)	Uso Agrícola (%)
Argélia	1990	4,50	142	25	15	60
Angola	1987	0,48	38	14	10	76
Chade	1987	0,18	25	16	2	82
Líbia	1994	4,60	720	11	2	87
Marrocos	1991	11,05	381	5	3	92
África do Sul	1990	13,31	288	17	11	72
Sudão	1995	17,80	597	4	1	94
Canadá	1990	43,89	1 431	11	80	8
México	1991	77,62	785	6	8	86
Estados Unidos	1995	469,00	1 688	12	46	42
Brasil	1990	36,47	216	43	17	40
Paraguai	1987	0,43	78	15	7	78
Afeganistão	1991	26,11	1 020	1	0	99
China	1980	460,00	360	6	7	87
Iraque	1990	42,80	1 852	3	5	92
Israel	1990	1,70	280	16	5	79
Jordânia	1993	0,98	155	22	3	75
Síria	1993	14,41	894	4	2	94
Alemanha	1990	58,85	712	14	68	18
Dinamarca	1990	1,20	228	30	27	43
Espanha	1994	33,30	837	12	26	62
França	1994	34,88	591	16	69	15
Portugal	1990	7,29	745	15	37	48
Federação Russa	1994	77,10	527	18	62	20
Austrália	1985	14,80	786	65	2	33

A diferente aplicabilidade varia de país para país e de região para região, consoante a densidade populacional e o nível sócio-económico. Por exemplo, a China e o Canadá recebem quantidades de precipitação semelhantes, na totalidade e por hectare (World Resources Institute, 1988-89). Como a China tem uma população 24 vezes maior, acontece que cada cidadão chinês só recebe 2,2% da quantidade que recebe um canadiano.

A água está presente em inúmeras actividades humanas e, como tal, é utilizada para finalidades muito diversificadas, sendo as de maior importância o abastecimento doméstico, usos agrícola e industrial e produção de energia. Ao nível de utilização da água no meio urbano podemos dizer que cerca de 78% é gasta no funcionamento das casas de banho (41%) e na higiene pessoal (37%), seguindo-se por ordem decrescente outras actividades como a lavagem da louça e preparação de alimentos (6%), beber (5%),

³⁸ *World's Water. Freshwater Withdrawal by Country and Sector*
<http://www.worldwater.org/table2.html>; 20 de Abril de 2002

lavagem da roupa (4%), limpezas (3%), rega (3%) e, finalmente, lavagem de automóveis (1%).

O crescimento populacional e a elevação do nível de vida conduziram à expansão urbanística, industrialização, agricultura e pecuária intensivas e produção de energia, exigindo, naturalmente, um crescente consumo de água. A título de exemplo, um simples ovo consome 1 m³ de água. Refira-se que para produzir uma tonelada de:

Conservas de frutos vegetais 3-10 m³ de água

Manteiga 13 m³ de água

Aço ou cartão são necessários 20 m³ de água

Açúcar (cana sacarina) 17 m³ de água

Açúcar (beterraba sacarina) 15-19 m³ de água

Papel pintado é necessário 40 m³ de água

Papel 60-380 m³ de água

Adubo azotado é necessário 600 m³ de água

Fibras artificiais 750-2300 m³ de água

Trigo é necessário 1500 m³ de água

Alumínio é necessário 2500 m³ de água

Arroz é necessário 4500 m³ de água

Algodão é necessário 10000 m³ de água

Estreptomicina (antibiótico) é necessário 5000000 m³ de água.

2.2.2. Fontes poluentes da água

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 1972) define a água poluída aquela cuja composição ou estado foram alterados de modo a torná-la menos adequada para algumas ou todas as aplicações que poderia servir no estado natural.

A poluição pode ser natural ou antropogénica:

- *natural* quando resulta do equilíbrio dinâmico da Terra, da actividade geofísica e do ciclo natural de água;

antropogénica se resulta da presença e/ou da actividade humana.

As causas acima referidas, responsáveis pela poluição da água podem ser representadas de modo esquematizado (Fig. 2.4).

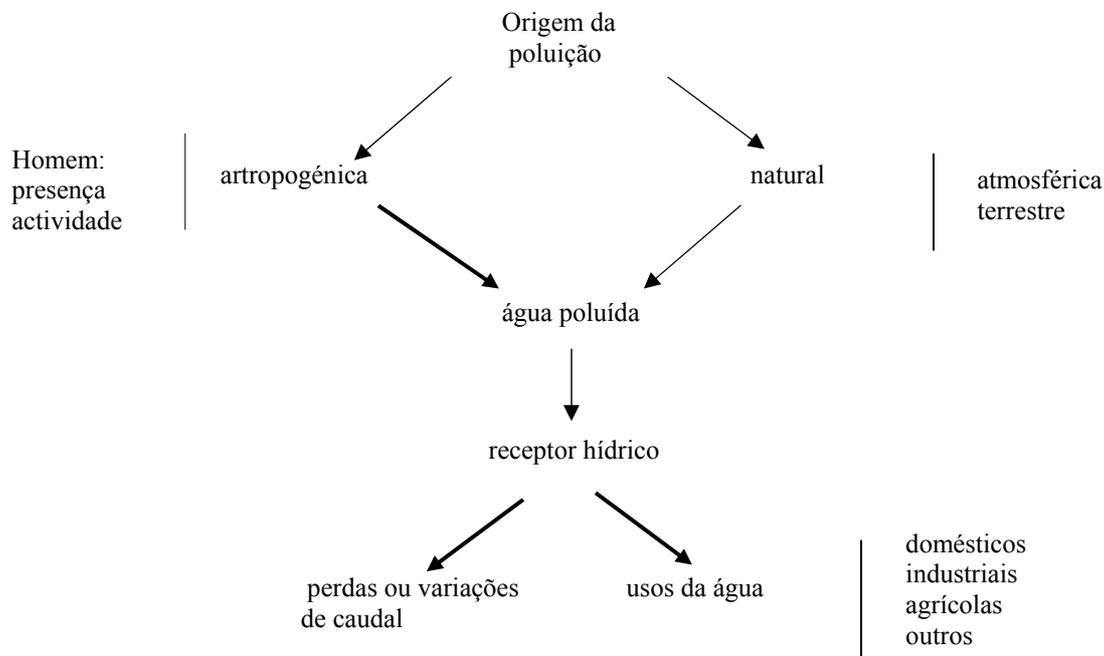


Figura 2.4. Tipos de poluição hídrica segundo a sua origem (Adaptado de López *et al.*, 1999). As setas em negrito indicam responsabilidade do Homem na contaminação.

A introdução destas substâncias poluentes provoca uma alteração do receptor hídrico, afectando tanto a qualidade como o caudal disponível em determinado lugar e em determinado tempo. A alteração na composição ou no estado da água é uma consequência directa ou indirecta das actividades humanas, tornando-a imprópria para consumo. A poluição da água pode ser classificada em função da sua origem, assim como a sua composição físico-química e biológica dos diferentes poluentes.

Quanto à sua origem, os poluentes podem ser domésticos, industriais, agrícolas e/ou agropecuários. As águas residuais domésticas contêm uma elevada quantidade e variedade de compostos químicos e microbiológicos, formando um conjunto de grande complexidade (Torres, 1996). Além destes, também há compostos orgânicos dificilmente biodegradáveis, como detergentes, gorduras, etc. As águas residuais industriais incorporam substâncias químicas tóxicas, elementos radioactivos, etc. As de origem agrícola contêm herbicidas, pesticidas, fertilizantes (à base de azoto, fosfatos, e potássio) e uma elevada carga de

sólidos. Associada à agricultura, está a agro-pecuária, criação de gado bovino e suíno, sendo este último constituído por uma elevada carga orgânica e biológica (López *et al.*, 1999).

Nos diferentes efluentes estão presentes substâncias com diferentes composições e concentrações que potenciam significativamente a poluição das águas residuais. Segundo a sua composição pode classificar-se a poluição química em biodegradável e não biodegradável. Os biodegradáveis são metabolizados pelos organismos presentes nos corpos hídricos quando este recebe uma pequena quantidade. Isto porque os microrganismos presentes no ecossistema aquático perdem a capacidade de efectuar a depuração completa. Os compostos químicos não biodegradáveis, como os plásticos, pesticidas, metais pesados, etc., resultam de compostos obtidos por síntese química. Estes podem acumular-se nos microrganismos e são transmitidos através da cadeia trófica podendo criar problemas de contaminação muito distantes do seu ponto de origem.

A contaminação física pode ser, igualmente, de origem natural ou antropogénica e engloba a radioactividade e a contaminação térmica. A radioactividade pode ser natural quando resulta, por exemplo, da desagregação de rochas ou solo, enquanto a antropogénica é consequência da produção de material radioactivo. A contaminação térmica, por seu turno, provoca alterações químicas, físicas, biológicas e hidrográficas. Ao elevar-se a temperatura natural no ecossistema aquático, esta pode ser um factor limitante para a sobrevivência de certas espécies, reduzindo a velocidade de degradação da matéria orgânica, o oxigénio dissolvido e, consequentemente, diminuindo a eficiência de autodepuração, aumentando a acção mecânica e pressão sobre o plâncton (Calvo, 1999).

A contaminação biológica é devida aos organismos patogénicos (bactérias, vírus, protozoários, etc.) que estão presentes nas águas residuais domésticas e agro-pecuárias, normalmente, com elevado conteúdo fecal humano e animal.

Na União Europeia (Commission Européenne, 2002) 20% de todas as águas superficiais estão ameaçadas pela poluição, a água subterrânea fornece cerca de 65% de água potável na Europa, 60% das cidades europeias exploram excessivamente as suas fontes de água

subterrânea, 50% das zonas húmidas estão em perigo em consequência da sobreexploração da água subterrânea, as terras irrigadas a sul da Europa sofreram um aumento de 20% a partir de 1985. Daí que há uma necessidade urgente de proteger todas as fontes de captação de água, envolver a população em geral para a preservação do recurso, cooperação internacional para uma gestão global porque a água não tem fronteiras. Passará ainda pelo controlo intensivo da poluição e pela reutilização da água, e fundamentalmente pela componente educativa que deve envolver todos os cidadãos.

2.2.3. Condicionantes do receptor hídrico

Segundo Mendes e Oliveira (2004) o conceito de qualidade da água é relativo porque o que caracteriza uma coisa é função do objectivo do seu utilizador ou do fim a que se destina, isto é, se uma água é de qualidade para determinada aplicação pode não o ser para outra. A qualidade da água dos rios admite quatro categorias (Mota e Novais, 2003):

Classe 1 – *Boa qualidade* – um rio com baixo teor de nutrientes e de matéria orgânica, com bastante oxigénio dissolvido e com uma fauna de invertebrados abundante, adequado à presença e à vida de salmonídeos;

Classe 2 – *Qualidade aceitável* – um rio com uma carga moderada de poluição orgânica e de nutrientes, bem oxigenado, rico em fauna e flora e com uma população piscícola densa, no entanto com escassos ou nenhuns salmonídeos;

Classe 3 – *Qualidade medíocre* – braços de rio com elevada carga orgânica, baixa concentração de oxigénio dissolvido, sedimentos com zonas anaeróbias, presença de eutrofização eventual, baixa ou inexistente população piscícola e morte periódica de peixes;

Classe 4 – *Qualidade muito baixa* – braços de rio com carga orgânica poluente excessiva, baixa concentração de oxigénio que pode ser observada por longos períodos ou mesmo a sua inexistência, sedimentos essencialmente anaeróbios e ausência de vida piscícola.

A acção exercida pelos contaminantes no receptor hídrico dependem do corpo hídrico e da toxicidade do composto e estão relacionadas com:

- características hidrodinâmicas do receptor que determinam o grau de dispersão do contaminante na água e varia com as características do meio. Maior caudal, maior velocidade, maior poder de dispersão;

- características geomorfológicas, químicas e microbiológicas, fenómenos de adsorção, etc., podem alterar o grau de toxicidade;
- características ambientais que também podem alterar a acção tóxica, como, por exemplo, a temperatura, o pH e a dureza.

A toxicidade de um composto químico ocorre devido à sua estrutura química se relacionar nefastamente com as estruturas biológicas ou quando a sua decomposição/transformação origina um composto ainda mais tóxico para a saúde pública. Adicionando à carência de água potável os inúmeros tipos de poluentes e os corpos hídricos contaminados, é necessário tomar medidas ajustadas à situação actual prevenindo a deterioração continuada deste recurso natural.

Assim, a importância da água para a saúde pública é imprescindível, mas, por outro lado, ela continua a degradar-se com uma extraordinária facilidade, quer por acidente quer por imprudência. Se a tudo isto for adicionado que a água é um bem escasso e, a cada dia que passa, maiores quantidades de água serão necessárias para satisfazer ou dar suporte à vida, à saúde, às actividades geradoras de emprego e riqueza, concluimos da necessidade de utilizar e reutilizar a água de modo adequado. Sabendo que a água é um recurso natural renovável, ela só o será se depois de cada ciclo de utilização ela regressar à Natureza com a mesma qualidade com que de lá saiu.

2.2.4. Legislação nacional de captação e normas de qualidade

A água captada dos recursos hídricos sofre processos de tratamento garantindo a sua qualidade. O Dec.-Lei n.º 382/98, de 1 de Agosto, Artº 2.º alínea a), define os requisitos a observar na utilização de água para consumo humano. As águas doces superficiais destinadas ao consumo (cap.II, secção I, Artº 6.º), consoante a sua qualidade, são classificadas nas categorias A1, A2 e A3, determinando o tipo de tratamento a realizar (anexo II do mesmo Dec.-Lei):

- classe A1 – tratamento físico e desinfecção,
- classe A2 – tratamento físico, químico e desinfecção,
- classe A2 – tratamento físico, químico, de afinação e desinfecção.

A qualidade da água (Artº 51º) caracteriza-se por um conjunto de determinados valores de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água que a tornam utilizável. O valor limite de emissão (VLE) (Artº 58º) de cada um deles (massa /unidade de superfície) determina que o mesmo não deve ser excedido; o valor máximo admissível (VMA) (Artº 59º) é uma norma de qualidade, cujo valor não deve ser ultrapassado; o valor máximo recomendado (VMR) (Artº 60º) é uma norma de qualidade que não deve ser excedida porque implicará riscos.

A noção de qualidade da água para consumo humano evoluiu ao longo do século passado. Assim, na Europa, no início do século XX, a potabilidade de uma água era dada através da análise de seis parâmetros físico-químicos e de uma, ou duas, determinações microbiológicas. Em França, já no final dos anos 70, a mesma qualidade resultava da determinação de cerca de 20 parâmetros diferentes. A legislação europeia, segundo a Directiva 80/778/CEE, apontava para 62 parâmetros distintos, enquanto na nova Directiva 98/83/CE verifica-se uma redução do número desses parâmetros (Mendes e Oliveira, 2004).

A autorização para a captação de água superficial (Artº 6.º, ponto 3; Dec.-Lei n.º46/94, de 2 de Fevereiro) determina duas condições: prévia classificação no local de captação (ponto 3, alínea a); Artº 7.º), atendendo às normas de qualidade (Artº 7.º) e adequado tratamento (b). As águas superficiais de inferior qualidade à classe A3 não podem ser utilizadas na produção de água para consumo humano (Artº 9.º, ponto 1).

As águas subterrâneas (secção II, Artº 14.º, ponto 2) destinadas à produção de água para consumo humano, prevista no Dec-Lei n.º46/94, de 22 de Fevereiro, serão consideradas aptas à utilização desde que a sua qualidade seja superior ou igual à categoria A1, após igual tratamento às águas superficiais. A Directiva nº80/778/CEE, do Conselho de 15 de Julho, relativa à qualidade da água para consumo humano (secção III Artº 21.º, ponto 1) determina que a mesma não deve colocar risco à saúde, ser agradável ao paladar e à vista dos consumidores e não causar a deterioração ou destruição das diferentes partes do sistema de abastecimento. Entende-se por risco a probabilidade de ocorrer um perigo causador de danos e grau de severidade dos danos, e o dano consiste num prejuízo da

saúde de pessoas. São referidas as águas superficiais e subterrâneas porque as primeiras são as potencialmente captadas para o abastecimento público, e as segundas, servem um elevado número de pessoas onde não chegam as primeiras (Rocha e Vieira, 2000).

2.2.5. A água na política da Comunidade Europeia

Há um conjunto de normas legislativas que abrangem o espaço geográfico dos países que constituem a União Europeia e que foram publicadas ao longo da sua existência no domínio das águas, enumerando-se de seguida:

Decisão 75/437 do Conselho, de 3 de Março de 1975, relativa à conclusão da Convenção para a prevenção da poluição marinha de origem telúrica. Esta decisão sofreu várias alterações:

- a) Decisão 75/438 do Conselho, de 3 de Março de 1975 (75/438/CEE: Decisão do Conselho, de 3 de Março de 1975, relativa à participação da Comunidade na Comissão interina instituída com base na Resolução nº III da Convenção para a Prevenção da Poluição Marítima de Origem Telúrica);
- b) Decisão 85/613 do Conselho, de 20 de Dezembro de 1985 (relativa à adopção, em nome da Comunidade, de programas e medidas respeitantes às descargas de mercúrio e cádmio no âmbito da Convenção para a prevenção da poluição marinha de origem telúrica);
- c) Decisão 75/438 do Conselho, de 22 de Dezembro de 1986 (relativa à participação da Comunidade na Comissão interina instituída com base na Resolução nº III da Convenção para a Prevenção da Poluição Marítima de Origem Telúrica).

Directiva 75/440/CEE do Conselho, de 16 de Junho de 1975, relativa à qualidade das águas superficiais destinadas à produção de água potável, nos Estados-membros. Esta directiva tem ligados a si os seguintes documentos:

- a) Decisão 77/795/CEE do Conselho, de 12 de Dezembro de 1977, que estabelece um processo comum de troca de informações relativas às águas doces, na Comunidade. Esta decisão sofreu quatro alterações:
 - 1.ª) Decisão 81/856 do Conselho, de 19 Outubro de 1981, que adapta (em virtude da adesão da Grécia) a Decisão 77/795/CEE que institui um procedimento comum

de troca de informações relativa à qualidade das águas doces superficiais na Comunidade;

2.ª) Decisão 84/422 da Comissão, de 24 de Julho de 1984, que altera o Anexo I da Decisão 77/795/CEE do Conselho que institui um procedimento comum de troca de informações relativas à qualidade das águas doces superficiais na Comunidade;

3.ª) Decisão 86/574 do Conselho, de 24 de Novembro de 1986, altera a Decisão 77/795/CEE do Conselho que institui um procedimento comum de troca de informações relativas à qualidade das águas doces superficiais (revogada pela Directiva Quadro da Água com efeitos a partir de 22.12.2007);

4.ª) Decisão 90/2 da Comissão, de 14 de Dezembro de 1989 (altera o anexo I da Decisão 77/795/CEE do Conselho de 12 de Dezembro de 1977) que institui um procedimento comum de troca de informações relativas à qualidade das águas doces de superfície na Comunidade.

- b) Directiva 79/869/CEE DO Conselho, de 9 de Outubro de 1979, relativa aos métodos de medida e à frequência das amostragens e da análise das águas superficiais destinada à produção de água potável, pelos Estados-membros. Esta directiva foi alterada pela Directiva 81/855 do Conselho, de 19 de Outubro de 1981.

Directiva 76/160/CEE do Conselho, de 2 de Maio de 1976, relativa à qualidade das águas balneares.

Directiva 76/464/CEE do Conselho, de 18 de Maio de 1976, relativa à poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático. Esta directiva faz uma listagem de substâncias de diferentes níveis de perigosidade e estabelece condições de descarga, publicando para o efeito outras directivas:

- a) Directiva 82/176 do Conselho, de 22 de Março de 1982, relativa aos valores limites e aos objectivos de qualidade para a descargas de mercúrio, do sector da electrólise dos cloretos alcalinos;
- b) Directiva 83/513 do Conselho, de 26 de Setembro de 1983, relativa aos valores limites e aos objectivos de qualidade para as descargas de cádmio;
- c) Directiva 84/156 do Conselho, de 8 de Março de 1984, relativa aos valores limites e aos objectivos de qualidade para as descargas de mercúrio, de sectores que não

sejam o da electrólise dos cloretos alcalinos. Esta directiva foi alterada pela Directiva 90/656 do Conselho, de 4 de Dezembro de 1990;

d) Directiva 84/491 do Conselho, de 9 de Outubro de 1984, relativa aos valores limites e aos objectivos de qualidade para as descargas de hexaclorociclo-hexanos;

e) Directiva 86/280 do Conselho, de 12 de Junho de 1986, relativa aos valores limites e aos objectivos de qualidade para a descargas de certas substâncias perigosas, incluídas na lista I do anexo da Directiva 76/464. Esta directiva sofreu duas alterações:

1.ª) Directiva 88/347 do Conselho, de 16 de Junho de 1988 (que altera o Anexo II da Directiva 86/280/CEE, relativa aos valores-limite e aos objectivos de qualidade para as descargas de certas substâncias perigosas incluídas na lista I do Anexo da Directiva 76/464/CEE);

2.ª) Directiva 90/415 do Conselho, de 27 de Julho de 1990 (altera o Anexo II da Directiva 86/280/CEE).

Decisão 77/585 do Conselho, de 25 de Maio de 1977, relativa à conclusão da convenção para a protecção do mar Mediterrâneo contra a poluição, assim como do protocolo relativo à prevenção da poluição do mar Mediterrâneo para operações de imersão, efectuadas por navios e aeronaves. Esta decisão sofreu três alterações:

1.ª) Decisão 81/420 do Conselho, de 19 de Maio de 1981 (relativa à conclusão do protocolo respeitante à cooperação em matéria de luta contra a poluição do Mar Mediterrâneo por hidrocarbonetos e outras substâncias nocivas em caso de situação crítica);

2.ª) Decisão 83/101 do Conselho, de 28 de Fevereiro de 1983 (respeitante à conclusão do Protocolo relativo a Protecção do Mar Mediterrâneo contra a Poluição de Origem Telúrica);

3.ª) Decisão 84/132 do Conselho, de 1 de Março de 1984 (respeitante à aceitação das alterações ao protocolo relativo à protecção do mar Mediterrâneo contra a poluição de origem telúrica – Convenção de Barcelona).

Directiva 78/659 do Conselho, de 18 de Julho de 1978, relativa à qualidade das águas doces, que necessitam de ser protegidas ou melhoradas, a fim de estarem aptas para a vida

dos peixes. Esta directiva foi alterada pela Directiva 90/656 do Conselho, de 4 de Dezembro de 1990.

Directiva 79/923 do Conselho, de 30 de Outubro de 1979, relativa à qualidade exigida para as águas conquícolas.

Directiva 80/68 do Conselho, de 17 de Dezembro de 1979, relativa à protecção das águas subterrâneas contra a poluição causada por certas substâncias perigosas. Esta directiva sofreu duas alterações:

- 1.ª) Decisão 85/208 da Comissão, de 25 de Março de 1985 (altera a Decisão 80/686/CEE relativa à criação de um comité consultivo no domínio do controlo e da redução da poluição causada pelo derrame de hidrocarbonetos no mar);
- 2.ª) Decisão 87/144 da Comissão, de 13 de Fevereiro de 1987 (altera a Decisão 80/686/CEE, relativa à instituição de um comité consultivo em matéria de controlo e redução da poluição causada pela descarga de hidrocarbonetos no mar).

Directiva 80/778 do Conselho, de 15 de Julho de 1980, relativa à qualidade das águas destinadas ao consumo humano. Esta directiva foi alterada pela Directiva 81/858 do Conselho, de 19 de Outubro de 1981, e revogada pela Directiva 98/83/CE do Conselho, de 3 de Novembro de 1998.

Decisão 86/85 do Conselho, de 6 de Março de 1986, estabelece um sistema de informação comunitário para o controlo e redução da poluição causada pelo derrame de hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas no mar, sendo alterada pela Decisão 88/346, de 16 de Junho de 1988.

Directiva 91/271 do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas.

Directiva 91/676 do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola.

Decisão 92/446 da Comissão, de 27 de Julho de 1992, relativa aos questionários referentes às directivas do sector das águas.

Proposta de Directiva do Conselho, relativa à qualidade ecológica das águas (94/C, 222/06), apresentada pela Comissão, em 8 de Julho de 1994.

Decisão da Comissão, de 25 de Julho de 1995, que altera a Decisão 92/446/CEE, da Comissão, relativa aos questionários referentes às directivas do sector das águas (95/337/CEE).

Resolução do Conselho, de 20 de Fevereiro de 1995, relativa à protecção das águas subterrâneas.

Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.

Convenção para a protecção do meio marinho do Atlântico Norte, de 3 de Março de 1998.

Protocolo relativo às áreas especialmente protegidas e à biodiversidade no Mediterrâneo, adoptado em 14 de Dezembro de 1999.

Alterações à Convenção para a protecção do mar Mediterrâneo contra a poluição, adoptado em 14 de Dezembro de 1999.

Alterações ao protocolo relativo à prevenção da poluição do mar Mediterrâneo causada por operações de imersão efectuadas por navios e aeronaves.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.

Anexo V da Convenção para a protecção do meio marinho do Atlântico Nordeste, relativo à protecção e observação dos ecossistemas e da diversidade biológica da zona marinha.

Decisão 2850/2000/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2000, que fixa um quadro comunitário para a cooperação no domínio da poluição marinha accidental ou deliberada.

Decisão da Comissão, de 8 de Outubro de 2001, que concede a Portugal uma derrogação relativa ao tratamento de águas residuais urbanas para a aglomeração da Costa do Estoril [notificada com o número C (2001) 2657].

Decisão 2455/2001/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Novembro de 2001, que estabelece a lista de substâncias prioritárias no domínio da política da água e altera a Directiva 2000/60/CE.

Directiva 2002/59/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho de 2002, relativa à instituição de um sistema comunitário de acompanhamento e de informação do tráfego de navios e que revoga a Directiva 93/75/CEE do Conselho.

Decisão da Comissão, de 18 de Novembro de 2002, relativa a um pedido de derrogação no âmbito do anexo III, n.º 2, alínea b), e do Artº 9.º da Directiva 91/67/676/CEE do Conselho, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola [notificada com o número C (2002) 464].

Regulamento (CE) n.º 2099/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Novembro de 2002, que estabelece um Comité para a Segurança Marítima e a Prevenção da Poluição por Navios e que altera determinados regulamentos em vigor no domínio da segurança marítima e da prevenção da poluição por navios.

Regulamento (CE) n.º 782/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Abril de 2003, relativo à proibição dos compostos organoestânicos nos navios.

2.2.6. Ciclo de uso e técnicas de tratamento da água

A água presente no planeta Terra está sujeita a processos cíclicos que recebem o nome de ciclo hidrológico ou ciclo da água. Deste modo, as águas superficiais doces e salgadas sofrem pela acção do Sol um processo de evaporação que dá lugar à condensação e

formação de nuvens. Ao produzir-se a precipitação em forma de chuva ou neve inicia-se um novo ciclo. Ao longo do seu percurso e devido ao seu carácter químico, dissolve um número considerável de substâncias que podem alterar os parâmetros iniciais de qualidade/pureza.

A maioria dos seres vivos adquirem a água por absorção ao passo que os animais adquirem-na por ingestão. Todos os processos metabólicos são realizados em meio hídrico e a água entra novamente no ciclo através da evapotranspiração dos vegetais e sudação e excreção animal. A importância biológica, social e económico da água para o Homem nas suas múltiplas funções e actividades é devolvida novamente ao meio ambiente com adição de substâncias, geralmente mais contaminantes e tóxicas porque este recurso não é suficientemente valorizado e a lei vigente não é normalmente respeitada. Como a água é um recurso escasso é necessário utilizá-la prudentemente e devolvê-la ao meio com a qualidade com que foi retirada. A alteração qualitativa e quantitativa da água resultante da utilização pelo Homem coloca sérios problemas. Quando a água é devolvida à Natureza em condições que permitam a manutenção do equilíbrio ecológico no meio receptor, verifica-se a autodepuração, onde os microrganismos e plantas cumprem uma função importante.

2.2.6.1. Sistemas de tratamento

As águas residuais têm necessidade de serem tratadas para: (i) prevenir a poluição e proteger o ambiente, (ii) salvaguardar e proteger a saúde pública, (iii) proteger a água disponível e (iv) prevenir a propagação de doenças, veiculada por via hídrica (Mendes, 1998).

A depuração das águas residuais envolve diferentes tratamentos: os convencionais e a fitodegradação. Os tratamentos avançados de águas residuais ou convencionais implicam diferentes etapas: prévio, secundário ou biológico, terciário (e outros). No tratamento prévio são eliminados os sólidos em suspensão; no secundário ou biológico a matéria orgânica dissolvida, e alguns sólidos em suspensão que não foram totalmente eliminados nas fases precedentes, são degradados.

A desinfecção tem por objectivo destruir selectivamente bactérias e vírus patogénicos nos diferentes tipos de tratamento. Os contaminantes químicos específicos como, por exemplo, cromatos ou mercúrio recorrem à neutralização, precipitação ou oxidação-redução, que podem ser efectuadas em qualquer fase, referida anteriormente, ou após as mesmas.

Como exemplo da depuração em ETAR de lamas activadas temos um processo de quatro etapas: decantação primária, tratamento por lamas activadas, espessamento das lamas e digestão das lamas. Esta última pode ser utilizada como potencial energético. Um possível esquema de tratamento nas suas diferentes fases pode ser representado como o da Figura 2.5. O tratamento aeróbio por lamas activadas consiste em desenvolver uma cultura bacteriana dispersa e em forma de flocos suspensos, associada a microfauna (predominantemente protistas ciliados e metazoários (Nicolau *et al.*, 1997) num depósito com arejamento/oxigenação e agitação, alimentada pela água residual a depurar.

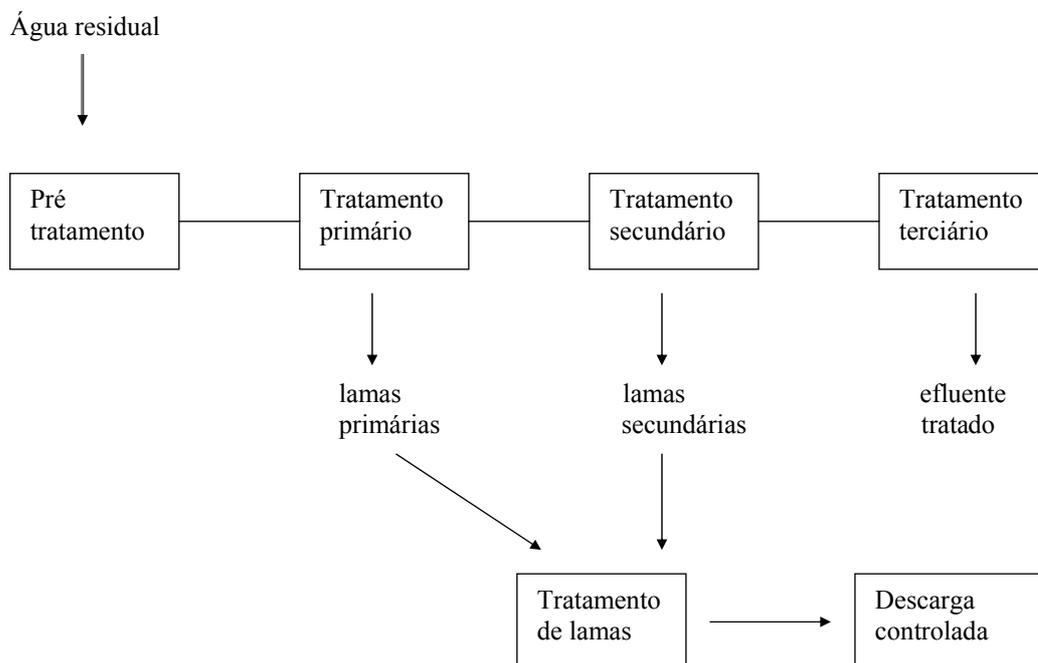


Figura 2.5. Diferentes etapas de um processo integral de tratamento de águas residuais (Adaptado de Diaz *et al.*, 1994).

A lagunagem é realizada num sistema que pode envolver a combinação de três ou cinco lagoas e a sua eficácia depende da profundidade e das condições climáticas (Metcalf e

Eddy, 1995). O factor negativo é a área superficial que ocupa. As lagoas podem ser aeróbias, anaeróbias ou facultativas. Neste processo de tratamento são estabilizados os sólidos orgânicos por decomposição aeróbia e anaeróbia que no final da decomposição se depositam no fundo das lagoas. Outro sistema, os sistemas avançados (Torres, 1996), que já não são novos, pois reportam-se ao século XIX, constam de digestão anaeróbia que podem representar uma fonte energética porque produz biogás (CH₄) combustível.

2.2.6.1.1. Sistemas de tratamento natural

As estações de tratamento de águas por plantas (ETAP) ou Fito-ETAR são conhecidas, em Portugal, pelas denominações de lagoas ou leitos de macrófitas, fito-lagunagem e ETAR através de plantas (Mota e Novais, 2003). Este método pode aplicar-se no tratamento/depuração de efluentes domésticos e no tratamento directo e noutros tipos de efluente: águas lixiviadas, efluentes procedentes de várias indústrias e de agro-pecuária, escorrências de minas e águas pluviais contaminadas (Bastian e Reeds, 1979; Chan *et al.*, 1982; Hammer, 1989; Cooper e Findlater, 1990; Jiang, 1994; Kadlec e Brix, 1995; Harberl *et al.*, 1997; Vymazal *et al.*, 1998).

Os sistemas de depuração englobam três tipos de plantas macrófitas diferentes: aquáticas flutuantes (enraizadas ou livres), submersas e emergentes. As primeiras são dos géneros *Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton* e *Hydrocotyle*; as segundas são dos géneros *Lemna* e *Spirodela*, *Woffiella* e *Wolffia*, podendo ainda referir-se, dentro deste tipo, o jacinto-da-água (*Eichhornia crassipes*) e a alface da água (*Pistia stralia stratiotes*). As terceiras e últimas, pertencem às espécies *Phragmites australis* e *Scripus lacustris*.

As macrófitas removem um significativo número de poluentes: azoto total, nitrato, amónia, fosfatos totais, ortofosfatos e os contaminantes coliformes fecais (Mallin *et al.*, 2000). Usando a lagunagem com macrófitas flutuantes (alface da água; *Pistia stralia stratiotes*) esta ao receber uma carga orgânica de 500 kg CBO₅/ha/d, poderá apresentar um rendimento final de 82 a 94% (Maïga *et al.*, 2000³⁹). As ETAP em Portugal datam de 1993

³⁹ Maïga, H., Koné, Seignez, D. C. e Holliger, C. (2000). *Le traitement des eaux usées par lagunage*. Une décennie de recherche à Ouagadougou. Communication présentée au Séminaire International sur l'Assainissement urbain en Afrique, Dakar-Gorée

e neste momento funcionam mais de trinta. As águas tratadas por este processo são reutilizadas na irrigação agrícola ou devolvidas ao meio natural⁴⁰.

2.3. O reuso da água

É necessário procurar um equilíbrio entre as actividades humanas, o progresso/desenvolvimento e o ambiente de forma a satisfazer as necessidades de hoje garantindo, no entanto, que as gerações futuras, possam também satisfazer as suas necessidades com maior ou, pelo menos, igual qualidade à que hoje possuímos. Este tipo de desenvolvimento, denominado desenvolvimento sustentável, passa pela reutilização e reciclagem dos produtos, evitando o esgotamento das reservas dos recursos naturais, neste caso, a água.

A acção da humanidade sobre os recursos naturais foi-se acentuando ao longo dos tempos. Essa realidade é também válida para os recursos hídricos, mas a ausência de consciência de que este é um recurso finito conduziu a uma redução exponencial na quantidade da água disponível para uso, mesmo em regiões onde existia uma boa disponibilidade hídrica. Além de reduzir a quantidade também se acentuou a degradação da qualidade. Motivo que conduziu à busca de soluções urgentes para dar resposta ao problema da quantidade, ou seja, à escassez do recurso.

2.3.1. Conceito de reuso

O reuso da água, ou reaproveitamento, é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. O reuso pode ser directo e indirecto, podendo decorrer de acções planeadas ou não. O reuso indirecto não planeado da água acontece quando a água, utilizada em qualquer tipo de actividade humana, é despejada no ambiente e novamente utilizada a jusante, de modo não intencional e incontrolado. Segue o percurso ao longo do rio até ao ponto de captação para o novo utilizador. Este processo decorre de descargas directas no ambiente sem qualquer tipo de tratamento. Reuso indirecto planeado

http://magazine.h2o.net/dossiers/infrastructures/urbain/assainissement/lagunage_ouaga/francais/eier_0.htm; 5 de Maio de 2005

⁴⁰ *O que são ETAPs*
<http://aljezur.net/ETAP/tutor.html>; 5 de Maio de 2002

da água ocorre quando o efluente depois de tratado é lançado de forma planeada num corpo hídrico superficial ou subterrâneo, para posterior utilização de modo controlado. No reuso indirecto planeado da água há um controlo sobre todas as possíveis descargas de efluentes ao longo do percurso que obedecem às mesmas normas de qualidade para o objectivo em vista. O reuso directo planeado da água acontece quando os efluentes, após tratamento, são conduzidos directamente do ponto de descarga ao ponto de reuso. É este o reuso mais utilizado, sendo aplicado na indústria e irrigação.

A reciclagem da água é o reuso interno da água, antes da sua descarga num sistema geral de tratamento ou outro local. Este é um caso particular de reuso directo planeado e constitui uma fonte suplementar de abastecimento. A água reciclada pode ser aplicada na irrigação paisagística, campos agrícolas, usos industriais, usos urbanos não potáveis e finalidades ambientais⁴¹. O que ficou dito está esquematizado na Figura 2.6.

O termo “água de reuso” começou a ser utilizado com maior frequência na década de 80, altura em que as águas de abastecimento ficavam cada vez mais caras, tornando o produto final também mais dispendioso. Como havia a necessidade de reduzir os custos, a solução era reaproveitar os efluentes gerados. É então, que o reuso da água passou a ser utilizado em vários países e para diversas aplicações; por exemplo, agrícolas, recreativos, domésticos, industriais, manutenção de vazões e recarga de aquíferos subterrâneos (Westerhoff, 1984). Nesta perspectiva era uma redução no consumo de água potável e consequentemente uma preservação do recurso.

Para Beekman (1996), o reuso constitui um componente importante no planeamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, representando um potencial significativo a ser explorado, em substituição da utilização da água tratada potável. Mais, a reutilização pode proporcionar uma flexibilidade na resposta às carências a curto prazo e, também, assegurar um aumento na substituição a longo prazo. Neste sentido, deve considerar-se o reuso da água como parte de uma actividade mais abrangente que é o uso

⁴¹ Ambientebrasil. *Reuso da Água*
http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/urbana/index.html&conteudo=./agua/urbana/artigos/reuso_agua.html; 19 de Maio de 2005

racional ou eficiente da água, o qual abrange também o controlo de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (Machado, 2004).

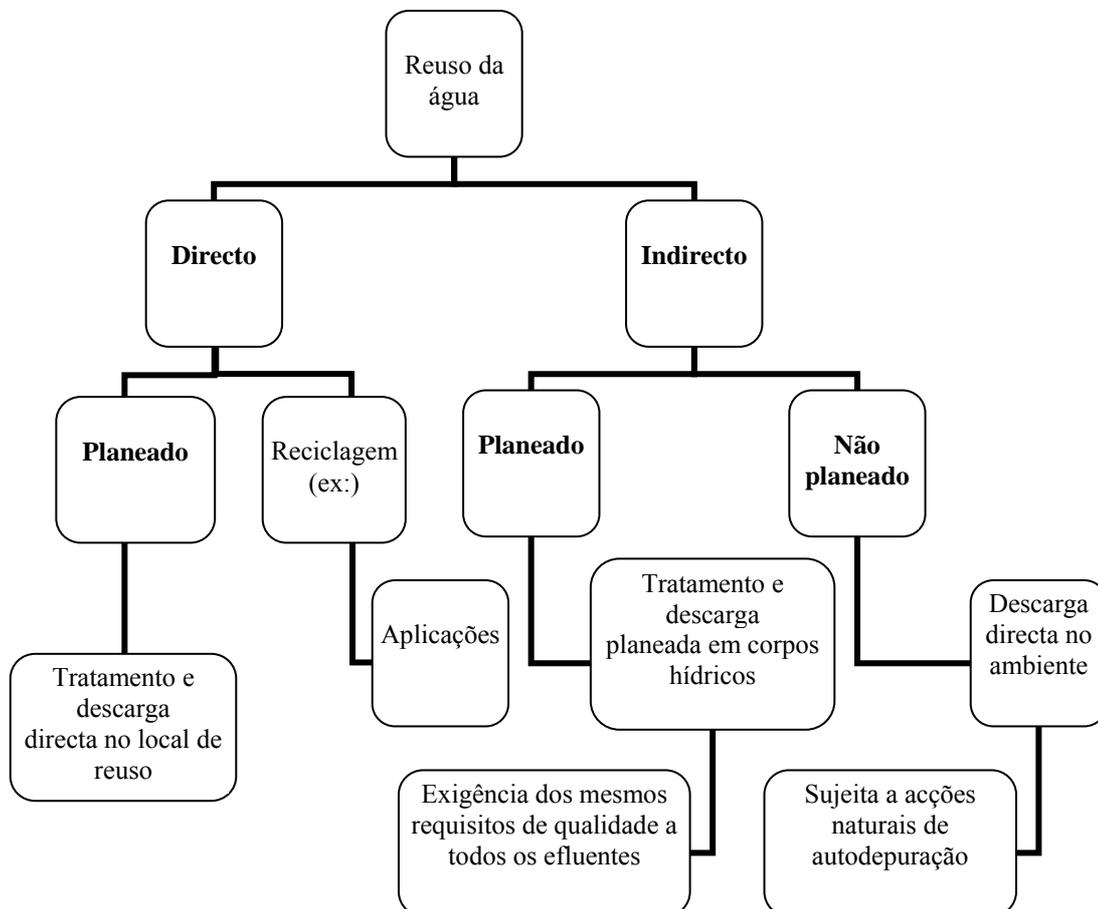


Figura 2.6. Esquema-resumo dos diferentes conceitos de reuso da água.

O reuso é uma necessidade porque evita o consumo da água potável em procedimentos onde o seu uso é totalmente dispensável, podendo ser substituída, com vantagens económicas, em diversos sectores da actividade e produção nacionais. Por outro lado, não podem ser ignoradas as desvantagens do reuso que podem implicar potenciais riscos para a saúde humana. Apesar da água de reuso exigir um tipo de tratamento, segundo o fim a que se destina, excepto quando é reuso indirecto não planeado, ou seja, descarga directa sem qualquer tratamento. Na Figura 2.7 podem ser observadas as formas potenciais de reuso da água.

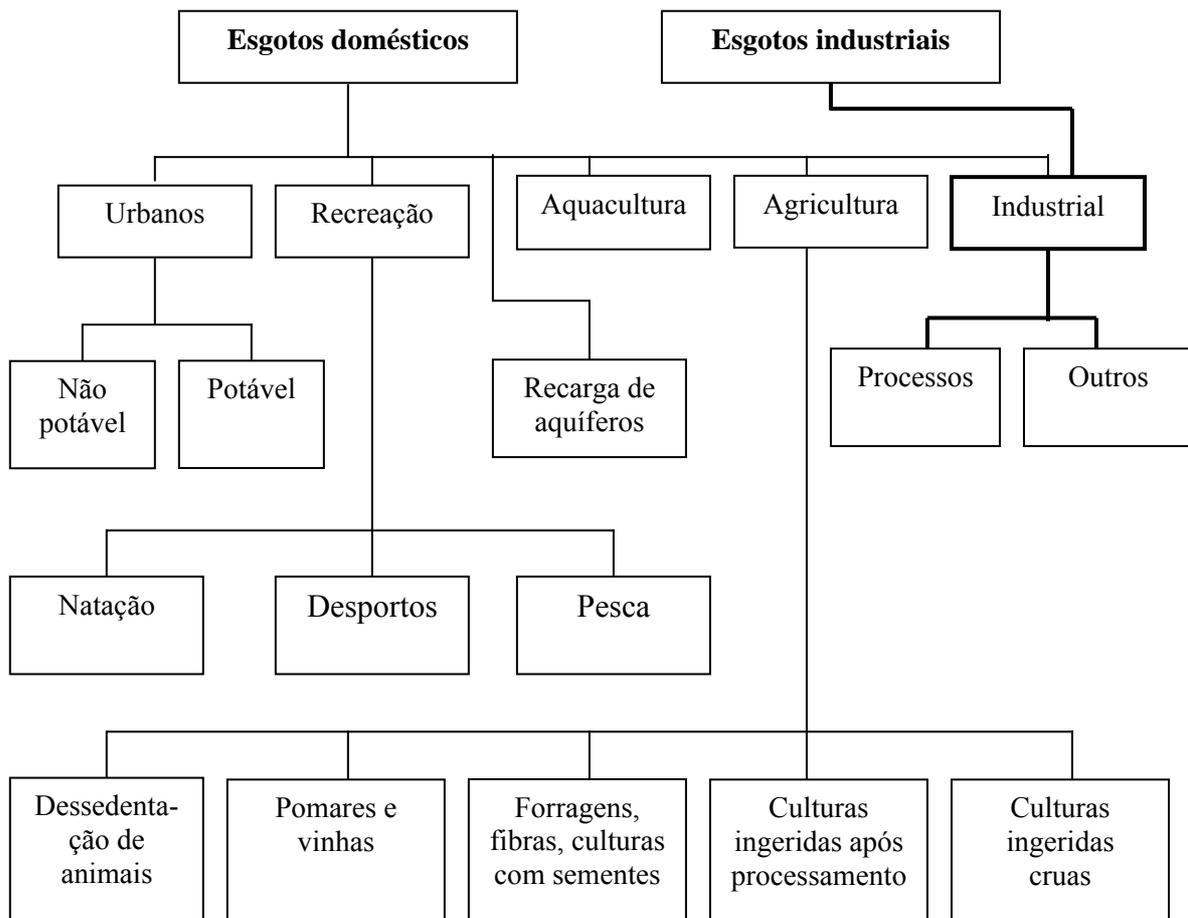


Figura 2.7. Potenciais tipos de reuso da água (Hespanhol, 1994).

A *Agenda 21* dedicou uma importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes da ECO 92 (ou Cimeira da Terra), a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando a protecção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. No seu Capítulo 21 - “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, *Área Programática B* - “Maximizando o reuso e a reciclagem ambientalmente adequadas”, estabeleceu, como objectivos básicos: “vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos”, e “tornar disponível informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para estimular e tornar operacional, sistemas de reciclagem e o uso de águas residuais”. A prática do uso de águas residuais também está associada às seguintes áreas programáticas incluídas nos capítulos 14 - “Promover a agricultura sustentada e o desenvolvimento rural”, e 18 - “Protecção da qualidade das fontes de águas de abastecimento - Aplicação de métodos adequados para o desenvolvimento, gestão e uso

dos recursos hídricos”, visando a disponibilidade de água “ para a produção sustentada de alimentos e o desenvolvimento rural sustentado” e “para a protecção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos”.

2.3.2. Contaminantes na água de reuso

A presença de organismos patogénicos e de compostos orgânicos sintéticos num elevado número de efluentes disponíveis para reuso, principalmente as resultantes de estações de tratamento de esgotos de grandes co-urbanizações ou concentrações industriais. O reuso como água potável, neste tipo de efluente, está conotado com riscos elevadíssimos, tornando-o praticamente inaceitável. A implementação de sistemas de tratamento avançados que garantissem um tratamento quase eficaz teriam como entrave a inviabilidade económica do abastecimento público e mesmo assim não havia garantia total de qualidade. Caso seja necessário o recurso ao uso de efluentes para fins potáveis, deverão respeitar os seguintes critérios (Shuval *et al.*, 1986):

- só devem ser implementados unicamente sistemas de reuso potável indirecto;
- utilizar somente esgotos domésticos;
- não utilizar efluentes com micropoluentes orgânicos existentes nos efluentes líquidos industriais.

Nos países em vias de desenvolvimento, para aumentar a produção agrícola sem aplicar fertilizantes sintéticos, recorreram à aplicação de esgotos e biossólidos. Segundo os mesmos autores (Shuval *et al.*, 1986), as directrizes internacionais microbiológicas para uso agrícola, para este tipo de efluentes, devem respeitar os parâmetros constantes na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Directrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura (Shuval *et al.* 1986).

Categorias	Condições de reuso	Grupos de risco	Nemátodos intestinais n ovos/l	Coliformes fecais n/100ml	Tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica
A	Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos desportivos, parques públicos	Operários, consumidores, público	≤ 1	≤ 1000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais, culturas industriais, forragem, pastos e árvores		≤ 1	—	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintas e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de culturas, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público		—	—	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário

As directrizes químicas são ainda mais complexas, dado existirem inúmeros (mais de 65000) produtos químicos que são utilizados nos diferentes sectores industriais e são incorporados nos tecidos das plantas através da adsorção das raízes, não permitindo a sua remoção. Os dois critérios básicos adoptados para evitar que a aplicação de efluentes e/ou biossólidos contaminem os produtos agrícolas e, conseqüentemente, os consumidores, são: prevenir a acumulação de poluentes no solo e maximizar a capacidade do solo para assimilar e atenuar o efeito do poluente. No primeiro caso, reduzindo a quantidade de poluente haverá uma remoção através do escoamento superficial, lixiviação, evaporação e adsorção das plantas. Esta será a situação ecológica mais ajustada. E no segundo caso, deve evitar-se que a acumulação de poluentes atinja níveis que afectem a saúde pública ao consumir os produtos cultivados.

As concentrações máximas de poluentes permitidas no solo constituem referências significativamente mais representativas e seguras do que as taxas de aplicação, dado que estas determinam as condições do solo acima das quais há transferência dos poluentes através da cadeia alimentar, tornando-se inaceitável, independentemente da fonte poluidora considerada (Chang *et al.*, 1995).

Se a aplicação de esgotos ou biossólidos constitui um risco significativo para a saúde pública deve haver normas regulamentares que reflectam procedimentos científicos de protecção efectiva, nos quais estejam envolvidos especialistas de diferentes áreas, como

biólogos, toxicologistas, bioquímicos, químicos, patologistas, epidemiologistas, engenheiros ambientais, etc. Para que os 26 países, que possuem um cômputo populacional de 262 milhões de pessoas, enquadrados na categoria de áreas com escassez de água (Mancuso e Santos, 2003) possam minorar o seu déficit, devem tratar as suas águas de forma a evitar tantas doenças ou a morte. Outro autor (Hespanhol, 1994) refere que quando houver escassez, o uso prioritário da água deverá ser para o abastecimento humano e dessedentação de animais, o que conduz a repensar as estratégias de abastecimento para os diversos outros fins. A solução, naturalmente mais racional e eco-eficiente, estará na associação dos reusos, aproveitando de cada um, as suas características benéficas.

A redução do risco está associada a uma elevação do custo, sendo obviamente imprescindível que seja definido o nível do risco ou o risco aceitável. Um risco é aceitável quando (Hunter e Fewtrell, 2001):

- está abaixo de um limite definido arbitrariamente;
- está abaixo de um nível que já é tolerado;
- está abaixo de uma fracção do total da carga de doença na comunidade;
- o custo de redução do risco excederia o valor economizado;
- o custo de oportunidade da prevenção do risco seria mais bem gasto em outras opções de promoção da saúde pública.

2.4. Uso eficiente da água

No Seminário Internacional sobre Uso Eficiente da Água, em 1991, foram dadas várias definições sobre este conceito. Assim:

O uso eficiente da água (Bau, 1991) é definido por acções de captação de água da chuva em recipientes para utilização doméstica ou construir uma barragem; recarregar aquífero ou usar água de qualidade inferior para preservar a água de melhor qualidade; reduzir a carência de água mediante a alteração os hábitos pessoais, redução dos desperdícios e taxas de pagamento adequadas; aproveitar o desenvolvimento da tecnologia e as técnicas de gestão da água, coordenar a utilização dos recursos hídricos, promover normas e regulamentações, etc.

Walker *et al.* (1991) referem que o uso eficiente da água significa aproveitá-la melhor e assegurar maior eficiência na sua utilização.

Arreguín e Iacute (1991) afirmam que o uso eficiente é a optimização da utilização da água e da sua infra-estrututa, com a participação activa dos consumidores e com um alto sentido de equidade social.

Gloss (1991) indica que a eficiência deve considerar-se segundo várias perspectivas, o que significa que existe:

1. uma eficiência que relaciona um uso determinado com a menor quantidade possível de água para satisfazê-lo;
2. uma eficiência económica que pretende aproveitar as maiores vantagens económicas;
3. uma eficiência social que tenta abranger a maior parte das necessidades da comunidade;
4. uma eficiência ecológica que deve garantir a conservação dos recursos naturais;
5. uma eficiência institucional que qualifique o funcionamento de instituição em relação às suas tarefas relacionadas com a água.

Actualmente, as práticas exercidas sobre os recursos hídricos estão ainda desfasadas do que possa ser considerado uso eficiente. Isto porque: (1) é praticado o uso ineficiente e contaminação da água, (2) o uso e a manutenção inadequados de instalações de tratamento e (3) exploração abusiva dos recursos hídricos na busca exclusiva de benefícios financeiros.

Pelo Dec.-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril, foi aprovado o *Plano Nacional da Água*, que teve por objectivo a definição de uma política ajustada de planeamento do uso dos recursos hídricos existentes e disponíveis no espaço nacional. Precedendo este documento, o governo também aprovou os planos de gestão das bacias hidrográficas, iniciando pelas bacias dos rios internacionais e complementando com os planos de bacias dos rios nacionais. Ao envolver todos os parceiros interessados, o governo teria por objectivo uma abordagem conjunta e interligada da problemática, incidindo nas vertentes ambiental,

económica e económica, conduzindo ao aumento da produtividade da água e para uma gestão racional ou sustentada do recurso.

2.4.1. Indicador de eficiência

A definição de um indicador que reflecta a eficiência de utilização da água em qualquer um dos sectores específicos de consumo para um mesmo período de tempo pode ser utilizada a fórmula seguinte (PNUEA, 2004): “*Eficiência de utilização da água (%) = Consumo útil/Procura efectiva × 100*”. Assim, segundo o nível de satisfação das necessidades em água há:

Eficiência de utilização – calcula se a água captada da natureza é utilizada de modo optimizado, satisfazendo com eficiência o serviço desejado;

Consumo útil – indica o consumo mínimo necessário em determinado sector, garantindo a eficiência da utilização;

Procura efectiva – corresponde à quantidade efectivamente gasta (é igual ou superior ao consumo útil).

Portugal está longe de poder garantir um abastecimento satisfatório a toda a população, independentemente da seca extrema e severa verificada em algumas zonas do país como foi em 2005. Apesar das grandes assimetrias quanto às fontes de captação e/ou distribuição nem sempre as questões da água foram tratadas, dando resposta eficaz às necessidades dos cidadãos, para que pelo menos pudessem usufruir do denominado *consumo útil*. O instrumento orientador para o “Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005” criado pela resolução do conselho de ministros n.º 83/2005 (Abril de 2005) toma algumas medidas tendo em conta “O Programa para o Uso Eficiente da Água”. A *Resolução do Conselho de Ministros* n.º 113 /2005, de 30 de Junho, aprova o Programa Nacional para o Uso Eficiente da água - Bases e Linhas Orientadoras (PNUEA).

2.5. Uso sustentável da água

O modelo tecnológico até agora organizado, baseado na exploração dos recursos naturais, está esgotado. É fundamental uma alteração radical baseada no uso eficiente do capital natural, na sua conservação e no aproveitamento em equilíbrio ambiental. Infelizmente, parece que o desenvolvimento económico e social é antagónico à conservação do

ambiente. É desta contradição que emergiu um novo conceito, que terá de ser convertido numa realidade efectiva, que deve orientar qualquer discussão sobre o aproveitamento dos recursos, o desenvolvimento sustentável. O primeiro princípio da Declaração do Rio (1992) enuncia que os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza. A mesma declaração, no seu quarto princípio enuncia que para alcançar o desenvolvimento sustentável, a protecção do ambiente deverá ser parte integrante do processo de desenvolvimento e não poderá ser considerado de modo isolado.

O conceito de sustentabilidade teve um papel relevante no Relatório Brundtland (CMMAD, 1987). No conteúdo deste documento há mais de uma definição, mas a mais representativa e utilizada frequentemente é: “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem colocar em perigo a possibilidade das gerações futuras poderem atender as suas”. O relatório esclarece o significado de desenvolvimento sustentável, expondo dois conceitos:

1. conceito de “necessidades”, em especial as necessidades dos pobres do mundo, com prioridade absoluta sobre todas as outras;
2. a ideia das limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social à capacidade do ambiente para responder às necessidades actuais e futuras.

É a partir do Relatório Brundtland que políticos e organizações manifestaram intenções positivas de apoio ao uso sustentável do ambiente. As medidas formuladas para a sustentabilidade implicariam que um recurso poderia manter-se disponível para o seu uso presente e futuro. Em relação aos recursos renováveis, como, por exemplo, a água, enquanto se conservasse intacta a sua capacidade de regeneração, as funções se manteriam intactas, *i.e.* a função da água potável. Para que a humanidade evite o esgotamento total dos sistemas naturais é necessário uma mudança, o progresso sustentável: aumentar a eficiência no uso da água, da energia e dos recursos, reduzindo os danos ambientais.

2.6. Uso da água em Portugal

No Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA, 2004) refere que a procura de água no nosso país “está actualmente estimada em cerca de 7500×10^6 m³/ano, a que

corresponde um valor global provável para a sociedade de 1880×10^6 €/ano, tendo por base os custos reais da água, o que representa 1,65% do Produto Interno Bruto português, estimado pelo Ministério das Finanças para o ano 2000, em 114000×10^6 €/ano”. Os custos reais da água adoptados no uso urbano foram de 1,00 €/m³ no abastecimento e na drenagem e tratamento das águas residuais resultantes também 1,00 €/m³, conduzindo a custo global de 1,54 €/m³, atendendo ao coeficiente de afluência de 0,9 e perdas de 40%. Na agricultura, sem considerar os excedentes eventualmente poluídos, os custos foram de 0,08 €/m³. E no sector industrial foram de 1,00 €/m³ na utilização de água a partir da rede pública (16% do consumo), 0,12 €/m³ a partir de captação própria (84% do consumo) e de 1,25 €/m³ na drenagem e tratamento dos efluentes resultantes, o que, tendo em conta um coeficiente de afluência de 0,8, se traduz num custo global de 1,26 €/m³. Atendendo aos preços globais por sector, pode concluir-se que a água de uso urbano, ou seja, a de abastecimento público é a mais cara (Figura 2.8), o que naturalmente se deduz, dado as exigências de qualidade.

A utilização por sectores, com base no “*Plano Nacional da Água*”, está distribuída do modo seguinte: agricultura - 6550×10^6 m³/ano (87% do total), abastecimento urbano - 570×10^6 m³/ano (8% do total) e na indústria 385×10^6 m³/ano (5% do total). Segundo estes dados, a agricultura é seguramente o maior consumidor de água em Portugal. Dos custos por sector, verifica-se que o urbano é o mais dispendioso com 875×10^6 €/ano, representando 46% do total; a agricultura com 524×10^6 €/ano, correspondendo a 28% do total; e a indústria com 484×10^6 €/ano, representando 26% do total.

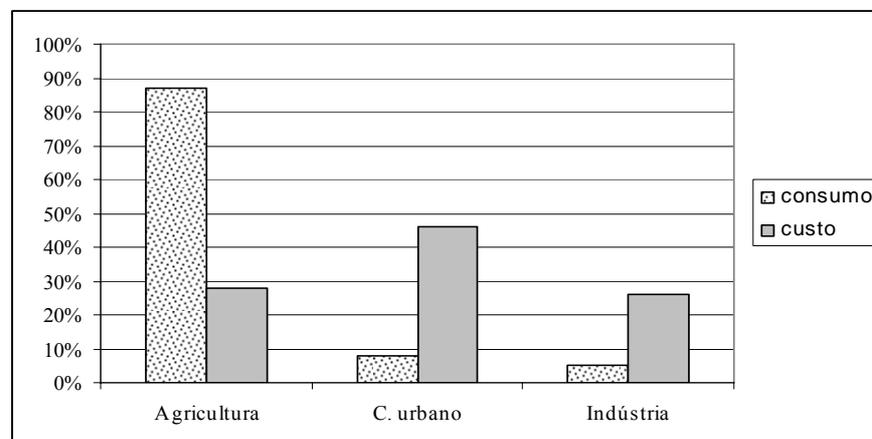


Figura 2.8. Relação consumo/custo da água por sector em Portugal em 2000 (PNUEA, 2004).

2.6.1. Conservação da água em Portugal

Conservar a água é otimizar o seu uso, fazendo uma gestão racional do recurso e não colocar o problema só quando existe uma situação extrema de seca ou escassez. O problema da conservação da água em Portugal adquire, neste momento, sem dúvida, uma importância relevante porque existe uma necessidade crescente para otimizar o uso da água na gestão global dos recursos hídricos e no crescimento que se impõe na implementação de sistemas de abastecimento de água a toda a população portuguesa.

Em 1985, efectuou-se o balanço hídrico nacional destinado a avaliar as disponibilidades e carências de água para os anos 2000 e 2020, tendo-se chegado à conclusão que a situação era satisfatória a nível nacional, apesar de existir problemas a nível regional (Henriques, 1985). Facto que se devia à distribuição irregular dos recursos disponíveis.

2.6.2. Consumo da água em Portugal

Em Portugal, de um modo geral, assistiu-se a um aumento do consumo de água com especial evidência nas Regiões Autónomas e no Algarve. Entre 2002 e 2004, passou-se de 651,9 para 668,8 milhões de m³, o que se traduz num crescimento de 3%, assumindo maior significado entre 2003 e 2004 (Fig. 2.9). Enquanto que na distribuição por regiões, os Açores e a Madeira, sofrem, entre 2003 e 2004, um elevado crescimento na ordem de 23% e 18%, respectivamente. Por outro lado, as regiões do Algarve e Lisboa, evidenciaram um aumento de 8% e 3%, significando que estão longe dos valores atingidos pelas Regiões Autónomas. Inversamente, as restantes regiões do Norte, Centro e Alentejo registaram reduções no consumo, que no ano 2004 e no conjunto destas três regiões, corresponderam a menos 7 milhões de m³ de água, face ao valor registado em 2003 (INE, 2004)⁴².

⁴²*Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas do Ambiente 2004*
www.ine.pt; 15 de Janeiro de 2006

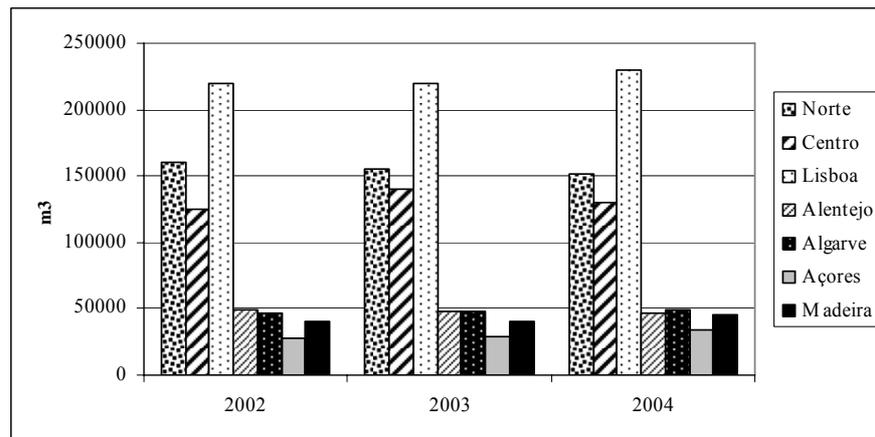


Figura 2.9. Consumo de água por regiões entre 2002 e 2004. Aumento geral do consumo, com destaque para as Regiões Autónomas e Algarve.

É também no período de 2002 a 2004 que se verifica uma melhoria significativa ao nível do tratamento de águas residuais geridas pelos sistemas públicos municipais porque se verificou uma redução de 141,6 milhões de m^3 em 2002 para 78,1 milhões de m^3 em 2004 de descargas de águas residuais não submetidas a qualquer tipo de tratamento antes da devolução ao ambiente. Também o volume de águas residuais sujeitas unicamente a um tratamento preliminar antes de libertadas no ambiente baixou, registando-se um total de 19,5 milhões de m^3 em 2004 contra 32,1 milhões de m^3 em 2003. Simultaneamente aumentou a quantidade de águas residuais submetidas a tratamento primário (INE, 2004)⁴².

Em Portugal, o volume de água captada para abastecimento por região (Tabela 2.4) e o consumo de água total por sector (Tabela 2.5), em 2004, estão apresentados a seguir:

Tabela 2.4. Volumes de água captada para abastecimento por região em 2004 (Unidade: 10⁶ m³) (INE, 2004)⁴².

Regiões	Total	Caudais tratados por origem da captação		Caudais que não requerem tratamento por origem da captação (a)		Caudais de Outras Entidades Gestoras
		Superficial	Subterrânea	Superficial	Subterrânea	
Portugal	1 019 517	94 816	82 077	16 697	247 939	577 988
1 Continente	915 695	94 336	61 095	16 318	216 372	527 574
11 Norte	242 546	45 892	7 119	9 504	22 581	157 450
111 Minho-Lima	13 532	5 776	1 395	1 319	3 599	1 443
112 Cávado	25 866	17 065	-	1 321	1 055	6 425
113 Ave	22 653	964	24	-	1 156	20 509
114 Grande Porto	115 218	565	-	-	-	114 653
115 Tâmega	16 277	3 851	816	2 849	3 197	5 564
116 Entre Douro e Vouga	9 275	1 260	228	-	2 613	5 174
117 Douro	17 877	7 846	727	2 323	4 122	2 859
118 Alto Trás-os-Montes	21 848	8 565	3 929	1 692	6 839	823
16 Centro	201 217	33 869	46 451	6 796	60 383	53 718
161 Baixo Vouga	26 707	-	3 794	44	13 854	9 015
162 Baixo Mondego	35 417	244	20 942	-	8 748	5 483
163 Pinhal Litoral	22 285	2 506	10 729	350	7 437	1 263
164 Pinhal Interior Norte	10 780	2 521	-	3 562	3 959	738
165 Dão-Lafões	15 156	9 861	340	148	1 272	3 535
166 Pinhal Interior Sul	3 124	482	260	-	953	1 429
167 Serra da Estrela	7 604	5 478	465	158	1 503	-
168 Beira Interior Norte	11 175	308	-	1 219	2 480	7 168
169 Beira Interior Sul	7 834	4 689	-	-	306	2 839
16A Cova da Beira	7 101	2 079	1 661	952	512	1 897
16B Oeste	33 221	3 955	5 016	215	12 839	11 196
16C Médio Tejo	20 813	1 746	3 244	148	6 520	9 155
17 Lisboa	325 698	493	536	-	77 689	246 980
171 Grande Lisboa	250 772	493	536	-	2 763	246 980
172 Península de Setúbal	74 926	-	-	-	74 926	-
18 Alentejo	71 229	14 068	6 961	18	43 832	6 350
181 Alentejo Litoral	8 222	856	2 112	-	4 393	861
182 Alto Alentejo	11 068	3 265	21	-	6 190	1 592
183 Alentejo Central	15 645	5 139	1 829	-	7 851	826
184 Baixo Alentejo	11 937	4 808	231	18	5 466	1 414
185 Lezíria do Tejo	24 357	-	2 768	-	19 932	1 657
15 Algarve	75 005	14	28	-	11 887	63 076
2 Região Autónoma dos Açores	44 858	480	20 982	379	23 017	-
3 Região Autónoma da Madeira	58 964	-	-	-	8 550	50 414

Tabela 2.5. Consumo de água por tipo de uso em 2004 (Unidade: 10⁶ m³) (INE, 2004)⁴².

Regiões	Total	Residencial e Serviços	Industrial	Outros
Portugal	668 781	492 729	99 626	76 426
1 Continente	601 995	450 760	88 367	62 868
11 Norte	153 973	118 898	18 721	16 354
111 Minho-Lima	10 215	8 800	1 183	232
112 Cávado	16 989	12 884	3 012	1 093
113 Ave	15 144	11 863	1 744	1 537
114 Grande Porto	70 843	54 242	9 001	7 600
115 Tâmega	11 572	8 674	921	1 977
116 Entre Douro e Vouga	7 924	5 417	1 007	1 500
117 Douro	11 628	9 660	887	1 081
118 Alto Trás-os-Montes	9 658	7 358	966	1 334
16 Centro	134 920	103 637	17 562	13 721
161 Baixo Vouga	17 675	14 002	1 977	1 696
162 Baixo Mondego	24 732	17 123	2 959	4 650
163 Pinhal Litoral	14 129	9 962	1 753	2 414
164 Pinhal Interior Norte	8 290	6 691	1 266	333
165 Dão-Lafões	10 582	8 662	1 479	441
166 Pinhal Interior Sul	2 013	1 855	125	33
167 Serra da Estrela	2 403	1 937	207	259
168 Beira Interior Norte	6 962	5 599	1 124	239
169 Beira Interior Sul	6 434	4 896	784	754
16A Cova da Beira	4 684	4 379	178	127
16B Oeste	22 566	17 715	3 569	1 282
16C Médio Tejo	14 450	10 816	2 141	1 493
17 Lisboa	218 827	154 682	37 207	26 938
171 Grande Lisboa	161 703	113 958	29 740	18 005
172 Península de Setúbal	57 124	40 724	7 467	8 933
18 Alentejo	45 493	37 600	5 921	1 927
181 Alentejo Litoral	4 938	3 755	971	212
182 Alto Alentejo	6 537	5 265	998	274
183 Alentejo Central	10 851	8 596	1 503	752
184 Baixo Alentejo	6 941	6 200	528	213
185 Lezíria do Tejo	16 226	13 784	1 921	521
15 Algarve	48 782	35 943	8 956	3 883
2 Região Autónoma dos Açores	25 319	18 457	3 733	3 129
3 Região Autónoma da Madeira	41 467	23 512	7 526	10 429

(a) Dada a qualidade da água na origem apenas necessita de filtragem e cloragem.

2.7. Conflitos pela distribuição da água

Um conflito pode ter origem na escassez do recurso, no seu consumo excessivo, degradação/poluição ou numa distribuição/partilha desigual pelas partes envolvidas. As enormes disparidades na sua distribuição e o acesso ao recurso têm originado diversos incidentes diplomáticos ou bélicos entre Estados e/ou Regiões. Os direitos e o uso da água superficial dos rios internacionais, nomeadamente: Jordão, Nilo e Tigre-Eufrates têm

estado no centro de várias disputas entre os estados partilhantes e dependentes do recurso⁴³.

Na história das civilizações encontram-se excessivos exemplos de conflitos que, na generalidade estão directamente relacionados com a escassez e/ou com a degradação dos recursos. O exemplo mais representativo, frequentemente apontado é a bacia do rio Jordão onde as questões ambientais e de segurança se sobrepõem. Enquanto a tensão entre Israel e a Palestina ocorre pela disponibilidade adequada de água potável⁴⁴.

Os conflitos podem assumir contornos divinos através de punições catastróficas contra a Humanidade, como a Grande Inundação Bíblica que assolou a terra com seis dias de chuva diluviana. O uso da água também foi utilizado como instrumento para atingir a vitória militar: desde o desvio de rios privando de água as populações; rotura de diques, bombardeamento de condutas e barragens, controlo de caudais, inundação de pântanos, criação de lagos, etc. Mas é a partir da década de 50 que as coisas tomam proporções mais violentas, envolvendo em guerra Israel, Jordão e Síria pelo controlo eficaz da água, um recurso escasso. Na Guerra do Golfo (1990-91), o Iraque destruiu capacidade de dessalinação do Kuwait, envenenou e desviou águas dos Pântanos Árabes do sul Iraque que eram meios de subsistência, bombardeou barragens e centrais hidroeléctricas. No conflito do Kosovo (1998-2000) os poços foram envenenados com corpos. Por outro lado, são criadas tensões sobre a partilha dos rios. Cerca de 260 bacias de rios atravessam 145 fronteiras internacionais e 13 bacias são partilhadas por cinco ou mais países. Pelo menos cerca de 40% da população mundial vive numa bacia hidrográfica compartilhada por dois ou mais países e um quinto da população mundial está sob a ameaça potencial dos países vizinhos que habitam a montante do rio. Há ainda uma disputa pela insuficiência do recurso nas diferentes actividades (Clarke e King, 2004).

A água é um recurso vital para a sobrevivência, e também constitui uma fonte de poder económico e político. Sob estas condições, assegurar o acesso à água justifica a utilização

⁴³Spector, B. I. *Transboundary Environmental Disputes*. Chapter 9. Center for Negotiation Analysis <http://wwics.si.edu/subsites/ccpdc/pubs/zart/ch9.htm>; 1 de Maio de 2006

⁴⁴IHDP Report n.º 11, June 1999; Box 3: *Water and Security in the Middle East 37* <http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/reports/report11/gehssp.htm#box3>; 1 de Maio de 2006

como instrumento e, portanto, os sistemas de abastecimento de água podem tornar-se um objectivo de conquista militar. Gleick (2004) delineou as seguintes características que fazem da água uma provável fonte de rivalidade estratégica: i) grau de escassez, ii) a extensão da partilhada por mais de uma região ou estado, iii) os poderes relativos dos estados que partilham uma bacia e, iv) a facilidade de acesso a fontes alternativas de água doce.

Os conflitos podem envolver as seguintes categorias (Gleick, 2004):

- i – Controlo dos recursos da água (onde o abastecimento ou o acesso à água está na base das tensões);
- ii – Instrumento militar (onde os recursos ou sistemas de água são utilizados durante uma acção militar por uma nação ou estado);
- iii – Instrumento político (onde os recursos de água são utilizados como instrumento político por uma nação ou entidade);
- iv – Terrorismo (onde os recursos ou sistemas de água funcionam como alvos ou instrumentos de violência ou coerção por entidades não governamentais);
- v – Alvo militar (onde os sistemas de recursos de água são alvos de acções militares por nações ou estados)
- vi – Disputas pelo desenvolvimento (onde os recursos de água ou os sistemas de água são uma fonte principal de contenção e desacordo num contexto de desenvolvimento económico e social).

A água é um dos recursos sujeitos a maiores pressões e, que está na origem de inúmeros conflitos passados, presentes e, infelizmente, futuros. A Tabela 2.6 faz uma síntese desses conflitos.

Tabela 2.6. Sequência dos factos ou conflitos relacionados com água através dos tempos (Adaptado de Clarke e King, 2004; Gleik, 2004).

Ano	Protagonistas	Origem do conflito	Tipo do Conflito	Factos
3000 a.C.	Deus da Água e Noé	Religioso	Violento	Dilúvio - Castigo divino pelos pecados da Humanidade
2500 a.C.	Lagash e Umma	Instrumento militar	Violento	Corte e desvio da água
1790 a.C.	Hammurabi	Instrumento político	Não violento	Código de Hammurabi com legislação sobre irrigação (enquadrando a negligência e desvio de água)
1720- 1684 a.C.	Abi-Eshuh (neto de Hammurabi) e Iluma-Ilum	Instrumento militar	Violento	Construção de dique para impedir retirada das tropas rebeldes que proclamaram a independência da Babilónia
Cerca 1300 a.C.	Deus, Sisera (general de Canaã) e Barak	Religioso e instrumento militar	Violento	Deus enviou chuvas torrenciais que inundaram o campo de batalha e permitiram a derrota de Sisera
1200 a.C.	Moisés e o Egipto	Instrumento militar e religioso	Violento	O mar abre-se possibilitando a fuga de Moisés e dos judeus do exército egípcio
720-750 a.C.	Assíria e Arménia	Instrumento militar	Violento	O rei da Assíria destruiu a rede de irrigação e inundou as terras da Arménia depois duma campanha bem sucedida
705-682 a.C.	Sennacherib e Babilónia	Arma/alvo militar	Violento	Arrasa a Babilónia e desvia um dos principais canais de irrigação para que a água passasse por cima das suas ruínas
Desconhecido	Sennacherib e Jerusalém	Instrumento militar	Violento	Construção de um túnel para abastecer de água a cidade e corte das fontes exteriores
681-699 a.C.	Assíria e Tiro (Fenícia)	Instrumento militar e religioso	Violento	Corte de abastecimento de água e alimentos durante o cerco de Tiro (Fenícia)
669-626 a.C.	Assíria, Arábia e Elam (Pérsia) ou actual Irão	Instrumento e alvo militar	Violento	Assíria secou/guardou poços privando tropas Elamitas e Arabes de água. Inundação da cidade de Sabel e construção de dique, no rio Ulai, com os corpos dos soldados Elamitas
612 a.C.	Egipto, Pérsia, Babilónia e Assíria	Instrumento militar	Violento	Egipto, Pérsia e Babilónia desviaram o rio Khosr para criar uma inundação, permitindo o ataque em jangada à capital da Assíria
605-562 a.C.	Babilónia	Instrumento militar	Não violento	Construção de grandes muralhas à volta da Babilónia, usando o rio Eufrates e canais como fossos defensivos do castelo
558-528 a.C.	Babilónia	Instrumento militar	Violento	Cyrus cortou 360 canais desviando o curso do rio Tigre pela dificuldade que este levantou à sua marcha
539 a.C.	Babilónia	Instrumento militar	Violento	Cyrus invadiu a Babilónia desviando o curso do rio Eufrates e utilizou o leito seco para a passagem das suas tropas
355-323 a.C.	Babilónia	Instrumento militar	Violento	Alexandre destruiu as “barragens” defensivas dos persas ao longo do rio Tigre, para travar a navegação
1503	Florença e Pisa	Instrumento militar	Violento	Maquiavel e Leonardo Da Vinci planearam desviar o curso rio Arno para longe de Pisa.
1573-1574	Holanda e Espanha	Instrumento militar	Violento	A Holanda inundou (Linha de Água Holandesa) a terra para acabar com o cerco dos espanhóis a Alkmaar
1642	China e Dinastia Ming	Instrumento militar	Violento	Rotura de diques para acabar com a revolta camponesa
1672	França, Holanda	Instrumento militar	Violento	A Holanda abriu os seus diques e inundou o país, criando uma barreira de água virtualmente intransponível aos franceses

CAPÍTULO 2. A Água

Continuação				
1841	Canadá	Disputa pelo Desenvolvimento e Terrorismo	Violento	Destruição de um reservatório da cidade de Ops, por vizinhos que o consideravam um perigo para a saúde
1844	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento e Terrorismo	Violento	Um reservatório em Mercer County, Ohio, foi destruído por uma multidão que o considerava um perigo para a saúde
1850 (déc.50)	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Ataque a uma barragem de New Hampshire pelos residentes locais
1853-1861	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento e Terrorismo	Violento	Destruição repetida de diques e reservatórios do Canal Erie e Wabash, no Indiana
1863	Estados Unidos Guerra civil	Instrumento militar	Violento	O general U.S. Grant, durante a Guerra Civil contra Vicksburg, arrasou diques na batalha contra os Confederados
1870 (déc.70)	China	Disputa pelo Desenvolvimento	Não violento	Construção ilegal de uma barragem e sua remoção duas vezes consecutivas pelo governo em Hubei, China
1870 (déc.70) -1881	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Conflitos constantes e violentos pelos direitos da água junto a Tularosa, Novo México, entre aldeões, rancheiros e agricultores
1887	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento e Terrorismo	Violento	Dinamitação de um reservatório em Paulding County, Ohio, por uma multidão
1898	Egipto, França e Inglaterra.	Instrumento militar e político e Controlo dos recursos	Manobras militares	Um conflito militar quase existiu entre a Inglaterra e a França, por esta tentar ganhar o controlo das águas do Nilo Branco
1908-1909	Estados Unidos	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Violência contra posse do Lago Reelfoot, no nordeste de Tennessee
1907-1913	Owens Valley e Los Angeles e Califórnia.	Instrumento político, Controlo dos recursos, Terrorismo e disputa pelo desenvolvimento	Violento	Bombardeamentos repetidos ao aqueduto de Los Angeles Valley para evitar o desvio de água
1915	Sudoeste da Africa Alemã	Instrumento militar	Violento	As tropas alemãs envenenaram os poços violando a convenção de Haia
1935	Califórnia, Arizona	Instrumento militar e disputa pelo desenvolvimento	Manobras militares	Protestos contra a construção da Barragem Parker e desvio do Rio Colorado
1938	China e Japão	Alvo e instrumento militar	Violento	Destruição de diques e inundações nas áreas ameaçadas pelo exército japonês
1939-1942	Japão, China	Alvo e instrumento militar	Violento	Utilização de armas biológicas e químicas patogénicas nos poços e reservatórios de água
1940-1945	Vários	Alvo militar	Violento	Bombardeamento de barragens hidroelétricas durante a 2ª Guerra Mundial
1943	Inglaterra e Alemanha	Alvo militar	Violento	A Real Força Aérea Britânica bombardeou as barragens dos rios na Alemanha
1944	Alemanha, Itália, Inglaterra e Estados Unidos	Instrumento militar	Violento	Os alemães descarregaram a barragem Isoletta para impedir a passagem dos britânicos no rio Garigliano, e desviaram o rio Rápido, inundando o vale ocupado pelo exército americano
1944	Alemanha, Itália, Inglaterra e Estados Unidos	Instrumento militar	Violento	Inundação da área ocupada pelas tropas inimigas, Marchas Pontinas, contendo os Aliados na praia de Anzio
1944	Alemanha e Forças aliadas	Instrumento militar	Violento	Inundação do rio Ay, França, abrandando o ataque a Saint Lo e inviabilizando o posto de comunicações alemãs na Normandia

Continuação				
1944	Alemanha e Forças aliadas	Instrumento militar	Violento	Os alemães inundaram o Ill River Valley durante a Batalha dos Ardenas criando um lago que atrasou o avanço dos Aliados
(a partir de) 1947	Bangladesh e Índia	Disputa pelo Desenvolvimento e Controlo dos recursos	Não violento	Divisão do rio Ganges entre os dois estados provoca tensões na gestão da água. Construção da barragem Farakka pela Índia
1947-1960 (déc.60)	Índia e Paquistão	Disputa pelo Desenvolvimento, Controlo dos recursos e Instrumento político	Não violento	Disputa entre os dois estados pela divisão da bacia Indus que durou 12 anos. Obstrução dos canais de irrigação no Paquistão
1948	Árabes e Israelitas	Instrumento militar	Violento	Forças árabes cortam o fornecimento de água a Jerusalém Oeste
1950 (déc.50)	Coreia, Estados Unidos e Outros	Alvo militar	Violento	As barragens concentradas no rio Yalu foram atacadas durante a Guerra Coreana que eram vitais à Coreia do Norte e à China
1951	Coreia e Nações Unidas	Instrumento e Alvo militar	Violento	Inundações da barragem Hwachon danificaram pontes flutuantes utilizadas pelas ONU para impedir a progressão inimiga
1951	Israel, Jordânia e Síria	Instrumento político e militar e Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Combates entre Israel e a Síria pela intenção de irrigar o Vale da Jordânia com o rio Yarmouk. Israel responde drenando os pântanos Huleh, promovendo um conflito entre os três países
1953	Israel, Jordânia e Síria	Disputa pelo Desenvolvimento, Alvo militar e instrumento político	Violento	Transferência de água do mar da Galileia para irrigar o deserto Negev, provocam conflito entre os três países
1958	Egipto e Sudão	Instrumento político e militar e Controlo dos recursos	Violento	O Tratado da Água do Nilo foi assinado quando um governo pró-Egipto foi eleito no Sudão, determinando a utilização das águas
1960 (déc.60)	Vietname do Norte e Estados Unidos	Alvo militar	Violento	Foram bombardeados os sistemas de fornecimento de água para irrigação no Vietname do Norte durante a guerra do Vietname
1962-1967	Brasil e Paraguai	Instrumento político e militar e Controlo dos recursos	Manobras militares	Em 1962, uma força militar brasileira invade o lugar das Cataratas Guaira e reclama o seu controlo
1963-1964	Etiópia e Somália	Disputa pelo Desenvolvimento e Instrumento político e militar	Violento	Confrontos pelos recursos escassos de água e petróleo
1964	Cuba e Estados Unidos	Ofensiva militar	Não violento	Corte de água à Base Naval dos Estados Unidos na Baía Guantanamo
1965	Zâmbia, Rodésia e Grã-Bretanha	Alvo militar	Não violento	Protecção da barragem Kariba ao governo britânico contra os sabotadores do governo rodesiano
1965-1966	Israel e Síria	Instrumento político e militar, Controlo dos recursos e Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Desvio da nascente do rio Jordão e presumível desvio para Conduta Nacional de Água
1966-1972	Vietname e Estados Unidos	Instrumento militar	Violento	Impedimento da passagem de material através do caminho Ho Chi Minh
1967	Israel e Síria	Instrumento e Alvo militar	Violento	Israel destruiu as infra-estruturas hidráulicas Árabes na nascente do rio Jordão

CAPÍTULO 2. A Água

Continuação				
1969	Israel e Jordânia	Instrumento e Alvo militar	Violento	Suspeitas de desvio de água leva Israel liderar dois <i>raids</i> para destruir o recém construído Canal East Ghor
1970 (déc. 70)	Argentina, Brasil e Paraguai	Controlo dos recursos e Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	A construção de barragem no rio Paraná pelo Brasil e Paraguai causa preocupação à Argentina sobre as repercussões ambientais
1972	Vietname do Norte	Alvo militar	Violento	Bombardeamento de diques no delta do rio Vermelho, rios e canais pelos Estados Unidos
1974	Iraque e Síria	Alvo e instrumento militar, Instrumento político e Disputa pelo Desenvolvimento	Manobras militares	O Iraque ameaça atacar a barragem al-Thawra, na Síria, pela redução da corrente de água do rio Eufrates para o Iraque
1975	Iraque e Síria	Disputa pelo Desenvolvimento e Instrumento militar e político	Manobras militares	O Iraque reclama a pouca corrente que chega ao seu território e os sírios dizem que recebem menos de metade do habitual
1975	Angola e África do Sul	Controlo militar dos recursos	Violento	Ocupação e defesa do complexo hidroeléctrico Ruacana e defesa dos recursos de água do Sudoeste africano e da Namíbia
(a partir de) 1978	Egipto e Etiópia	Disputa pelo Desenvolvimento e Instrumento político	Não violento	A proposta da Etiópia da construção de barragens na nascente do Nilo Azul levou o Egipto a declarar a importância vital da água
1978-1984	Sudão	Disputa pelo Desenvolvimento e Alvo militar e Terrorismo	Violento	Ações contra a construção do Canal Jonglei e ataques sucessivos ao local de construção conduziram à sua suspensão
1980 (déc.80)	Moçambique, Rodésia/Zimbabué e África do Sul	Alvo militar e Terrorismo	Violento	Destruição constante dos cabos de energia da barragem Cabora Bassa. A barragem foi um alvo da RENAMO
1981	Irão e Iraque	Alvo e Instrumento militar	Violento	O Irão bombardeia o complexo hidroeléctrico no Curdistão
1980-1988	Irão e Iraque	Instrumento militar	Violento	O Irão descarregou água de barragens para inundar as posições defensivas iraquianas
1986	Lesoto, África do Sul	Finalidade de desenvolvimento e Acesso aos Recursos	Violento	Golpe de estado das forças defensivas do Lesoto, levaram a um acordo com a África do Sul pela água das Terras Altas do Lesoto
1988	Angola, África do Sul, Cuba	Finalidade e Alvo militar	Violento	Ataque à barragem Calueque, danificando o seu muro. Corte e destruição da conduta de água para Owamboland
1982	Israel, Líbano, Síria	Instrumento militar	Violento	Israel cortou o fornecimento de água durante o cerco a Beirute
1982	Guatemala	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Oposição à barragem hidroeléctrica Chixoi
1984	Estados Unidos	Terrorismo	Não violento	Contaminação com <i>Salmonella</i> de depósito de água municipal em Dalles, Oregon
1986	Coreia do Norte, Coreia do Sul	Instrumento militar	Não violento	A Coreia do Norte planeava construir uma barragem hidroeléctrica Kumgansan num afluente rio Han
1986	Lesoto, África do Sul	Finalidade militar e Controlo dos recursos	Violento	O novo governo no Lesoto assinou um acordo da água nas Terras Altas do Lesoto
1990	África do Sul	Disputa pelo Desenvolvimento e Controlo dos recursos	Não violento	O conselho Pró-apartheid corta a água à cidade Wesselton de população negra

Continuação				
1990	Iraque, Síria, Turquia	Disputa pelo Desenvolvimento e Instrumento militar e político	Não violento	Interrupção do caudal do Eufrates por um mês e ameaça de Turgut Ozal restringir o curso da água
1990	Canadá	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Tentativa de destruição de uma barragem no Canal Welland, Ontário
1991 - (ao presente)	Karnataka e Tamil Nadu (Índia)	Disputa pelo Desenvolvimento e Controlo dos recursos	Violento	Disputa de duas décadas entre Karnataka e Tamil Nadu pelos direitos de irrigação do rio Cauvery
1991	Iraque, Kuwait e Estados Unidos	Alvo militar	Violento	Destruição de infra-estruturas de dessalinização do Kuwait
1991	Iraque, Turquia e Nações Unidas	Instrumento militar	Violento	As Nações Unidas discutiram sobre o uso da barragem Ataturk na Turquia para o corte do rio Eufrates para o Iraque
1991	Iraque, Kuwait e Estados Unidos	Alvo militar	Violento	Danificação dos sistemas de saneamento e de abastecimento de água a Bagdad
1992	Checoslováquia e Hungria	Instrumento político e Disputa pelo Desenvolvimento	Manobras militares	A Eslováquia construiu uma barragem e desviou o Danúbio para um canal, o facto foi levado ao Tribunal Internacional de Justiça
1992	Bósnia e Sérvios	Instrumento militar	Violento	Corte de toda a energia eléctrica e abastecimento de água. Interrupção das duas principais estações de bombagem
1993 - (ao presente)	Iraque	Instrumento militar	Não violento	Saddam Hussein envenenou e drenou as fontes de abastecimento de água dos Muçulmanos Xiitas do sul, os Ma'dan
1993	Jugoslávia	Alvo e Instrumento militar	Violento	A Barragem Peruca foi intencionalmente destruída durante a guerra
1995	Equador e Peru	Instrumento militar e político	Violento	Combates pelo controlo da nascente do rio Cenepa
1997	Singapura e Malásia	Instrumento político	Não violento	A Malásia ameaçou cortar o abastecimento a Singapura
1998	Tajiquistão	Terrorismo e Instrumento político	Potencialmente violento	O comandante da guerrilha ameaçou explodir uma barragem no canal Kairakkhum se o governo não cedesse às exigências
1998	Angola	Instrumento militar e político	Violento	Um violento combate entre a UNITA e as forças governamentais angolanas na barragem Gove no rio Kunene pelo seu controlo
1998/1994	Estados Unidos	Ciber-terrorismo	Não violento	Um pirata informático entrou no sistema que regula a barragem Roosevelt no Arizona, mas não conseguiu o seu controlo
1998	República Democrática do Congo	Alvo militar e Terrorismo	Violento	Ataques à barragem Inga e interrupção do abastecimento de electricidade da mesma e do abastecimento de água a Kinshasa
1998-2000	Eritreia e Antioquia	Alvo militar	Violento	Destruição de condutas e estações de água na cidade fronteiriça de Adi Quala
1999	Lusaca e Zâmbia	Terrorismo, Instrumento político	Violento	A explosão de uma bomba destruiu a conduta principal de água, cortando a água à cidade de Lusaka
1999	Jugoslávia	Alvo militar	Violento	Belgrado noticiou que os planos da NATO tinham como alvo uma estação hidroeléctrica durante a campanha no Kosovo

Continuação				
1999	Bangladesh	Disputa pelo Desenvolvimento e Instrumento político	Violento	Ataques organizados para protestar pela escassez de água e energia
1999	Jugoslávia	Alvo militar	Violento	A NATO bombardeou as estações hídricas em Belgrado e as pontes no Danúbio, interrompendo a navegação
1999	Jugoslávia	Instrumento político	Violento	Receio de inundação do Danúbio devido ao degelo após o Inverno por falta de limpeza dos escombros de guerra
1999	Kosovo	Instrumento político	Violento	Sérvios desligaram o sistema de água em Pristina antes da ocupação pela NATO
1999	Angola	Terrorismo e Instrumento político	Violento	Foram encontrados corpos em quatro poços de água potável
1999	Porto Rico, Estados Unidos	Instrumento político	Não violento	Bloqueio da água à Base Naval Roosevelt Roads e ao uso do rio Blanco pela Marinha, pelas faltas crónicas de água
1999	China	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Os agricultores das províncias Hebai e Henan lutaram pelos recursos limitados da água
1999	Timor Este	Instrumento político e militar, Terrorismo	Violento	Foram atirados corpos para poços após a sua execução
1999	Kosovo	Terrorismo e Instrumento político	Violento	Contaminação de poços/fontes de abastecimento pelos Sérvios pela deposição de corpos de Albaneses do Kosovo nos poços
1999-2000	Namíbia, Botswana, Zâmbia	Finalidade militar e Controlo dos recursos	Não violento	Disputa pela fronteira e acesso à água na ilha Sedudu/Kasikili, no rio Zambezi/Chobe
2000	Etiópia	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Luta por água potável durante a escassez na Etiópia
2000	Kyrgistão, Cazaquistão e Uzbequistão	Instrumento político	Não violento	O Kyrgistão cortou a água ao Cazaquistão e o Uzbequistão cortou a água ao Cazaquistão
2000	Hazarajat, Afeganistão	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Conflitos pelos recursos de água em Burna Legan e Taina Legan e, noutras partes da região, à medida que esgotavam os recursos
2000	Índia, Gujarat	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Motins pelo inadequado abastecimento de água e protestos contra o desvio da água da barragem Kankavati
2000	Austrália	Ciber-terrorismo	Não violento	Pirataria informática para controlar o sistema de esgotos Maroochy Shire e despejá-los em parques, rios e propriedades
2000	China	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Pelo uso e distribuição da água do Lago Baiyangdian e corte do fornecimento de água
2001	Israel, Palestina	Terrorismo e Controlo dos recursos	Violento	Destruição das condutas de abastecimento, roubo e danificação das bombas de abastecimento aos refugiados de Agbat Jabar
2001	Paquistão	Disputa pelo Desenvolvimento e Terrorismo	Violento	As carências graves de água causadas por longos períodos de seca. Favorecimento na distribuição de água
2001	Macedónia	Terrorismo e Controlo dos recursos	Violento	O curso de água para Kumanovo foi cortado por 12 dias e as válvulas dos lagos Glaznja e Lipkovo foram danificadas

Continuação				
2001	China	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Destruição de áreas de pesca pela poluição descontrolada
2001	Filipinas	Terrorismo e Instrumento político	Não violento	Corte no abastecimento e ameaças de envenenamento ao abastecimento de água na principal cidade Cristã de Isabel
2001	Afeganistão	Alvo militar	Violento	Bombardamentos à instalação hidroeléctrica na barragem Kajaki cortando a electricidade à cidade de Kandahar
2002	Nepal	Terrorismo e Instrumento político	Violento	Rebentamento de geradores da central hidroeléctrica. Posse de projecto de água potável e condutas de abastecimento
2002	Roma, Itália	Terrorismo	Não violento	Plano de contaminação química ao sistema de abastecimento de água a Roma
2002	Kashmir, Índia	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Confrontos pela distribuição da água
2002	Estados Unidos	Terrorismo	Não violento	Panfletos de um recrutador da Al-Qaeda com base em Londres incluía “instruções sobre envenenamento de fontes de água”
2002	Colômbia	Terrorismo	Violento	Danificação e explosão de válvulas da barragem Chingaza, que fornecia a maior parte da água à cidade Bogotá
2002	Karnataka, Tamil Nadu, Índia	Disputa pelo Desenvolvimento	Violento	Violência pela distribuição do rio Cauvery entre Karnataka e Nadu Tamil Nadu
2002	Estados Unidos	Terrorismo	Não violento	Ameaçava ao abastecimento de água à cidade de Winter Park
2003	Sudão	Instrumento político e militar	Violento	Violência contra o abastecimento de água e destruição de poços de água
2003	Estados Unidos	Terrorismo	Não violento	Ameaça aos sistemas de água pelo “envenenamento da água potável nas cidades do oeste e americanas”
2003	Iraque, Estados Unidos, Outros	Alvo militar	Violento	Danificação ou destruição dos sistemas de distribuição de água e sistemas de água de Bagdade
2003	Iraque	Terrorismo	Violento	Sabotagem/ bombardeamento das principais condutas de água em Bagdade

2.8. Objectivos do estudo para a realização da dissertação

A escassez dos recursos hídricos provocada principalmente pelo crescimento demográfico e pela poluição, tornou a água numa substância com perda de qualidade o que, apesar de vital, constitui uma séria ameaça para a humanidade. A pesquisa bibliográfica sobre toda a problemática relacionada com a água e a análise dos manuais escolares e a sua correlação com as determinações do Currículo Nacional permitiu determinar qual o espaço lacunar que nos permitia aplicar actividades experimentais tendentes a aumentar significativamente os conhecimentos dos alunos. A partir da hipótese que os conteúdos programáticos relacionados com o ciclo do uso da água e a poluição agroquímica desta estão ausentes do ensino formal foram formulados os objectivos a atingir com esta dissertação.

São objectivos gerais deste trabalho:

1. Avaliar no Currículo Nacional e nos manuais em vigor os conteúdos e actividades experimentais que permitam ao nível do Ensino Básico demonstrar que a água é um recurso natural renovável do qual depende a qualidade/quantidade do seu uso e do seu respectivo tratamento;
2. Criar propostas de actividades experimentais de ensino-aprendizagem no Ensino Básico sobre o uso sustentável da água.
3. Avaliar mudanças de concepções alternativas dos alunos sujeitos a actividades experimentais no que concerne o uso quantitativo e qualitativo da água;
4. Contribuir para a Promoção e Educação Ambiental de alunos do ensino básico, nomeadamente, no que concerne ao uso da água.

CAPÍTULO 3

Metodologia

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada nesta investigação. A análise dos manuais escolares do Ensino Básico e o estudo comparativo com as directrizes do Currículo Nacional foi o nosso ponto de partida para definir os limites da temática em estudo. Adicionalmente, foram desenvolvidas propostas de actividades experimentais relacionadas com o ciclo do uso da água e a poluição agro-química. Estas foram aplicadas em contexto de sala de aula, e as mudanças de concepções alternativas dos alunos foram utilizadas como meio de avaliar as propostas experimentais.

O manual escolar faz parte do nosso quotidiano e a abundância de vocabulário consagrado ao conceito de livro escolar leva a inferir que existe diversos tipos de livros escolares. Seguindo as perspectivas de Choppin (1992) é possível dizer que as definições que a seguir se colocam e que se aplicam à produção contemporânea discordam em mais de que um ponto. As quatro definições de livro escolar são as seguintes:

Primeira – “Os livros escolares são todos os livros concebidos com a intenção de servir o ensino. Como tal, eles são dirigidos a todos os alunos, de todas classes, de todas as secções, para todos os exames, certificados e diplomas. Eles também são dirigidos aos professores: indirectamente, pelo acesso ao livro do estudante passam a livro do professor”.

Segunda – Definitivamente, e salvo caso particular, não se deveria ter em consideração hoje pela comodidade da indexação, que as obras expressamente destinadas ao ensino primário e aos diferentes ramos de ensino secundário, obras que são providas de uma indicação mais ou menos precisa do nível”.

Terceira – “Diz-se correntemente e indistintamente livro escolar ou manual. Estes termos não são rigorosamente sinónimos. Manual é um livro que expõe as noções essenciais de uma dada disciplina, em determinado nível, corresponde a um curso e é dirigido a uma classe. Mas há livros escolares que não são manuais: dicionários, atlas, etc. o seu uso é estacionário sobre muitos anos de escolaridade, ou toda a escolaridade”.

Quarta – “São considerados como livros escolares os manuais, assim como os cadernos de exercícios e os trabalhos práticos que os complementam, regularmente utilizados no ensino de qualquer nível e concebidos para responder a um programa previamente definido pelo Ministério da Educação Nacional ou a autoridade que exerça a tutela do ensino”.

As duas primeiras definições, gerais e teóricas, têm por função clarificar a noção de livro escolar com fins bibliográficos: estão fundamentadas sobre critérios descritivos explícitos (indicação de nível, ano, etc.). A terceira reflecte as preocupações mais práticas e coloca a verdadeira tipologia do livro escolar. A quarta, e última, reflecte a administração educativa francesa.

Por sua vez Magalhães (1999) refere que em Portugal, a história do manual foi-se desenvolvendo com base em três linhas de orientação que estão relacionadas com perspectivas disciplinares diferenciadas:

1. *ethohistória* – em que o manual escolar constitui um meio didáctico e pedagógico privilegiado na estrutura da cultura escolar;
2. como *uma entrada pela história económica e social* – em que o manual é um produto/mercadoria com profundas repercussões no âmbito da sociologia do conhecimento;
3. como *uma entrada pela história cultural* – em que o manual assume o saber, a cognição.

O manual pode ser visto ainda como um meio didáctico que conjuga o saber/conhecimento/(in)formação; uma mercadoria e produto industrializado e comercializado que cumpre objectivos específicos nos planos científico, social e cultural, adaptado aos circunstancialismos e às prerrogativas das políticas da educação. Ele constitui um género bibliográfico específico que corresponde a uma unidade temática, pedagógica ou curricular que apresenta orientações explícitas.

A evolução da concepção de manual que insira o leitor/aluno na vida e na cultura, considerando-o uma “ferramenta” que tem vindo a ser utilizado como eixo da programação didáctica nos diferentes anos de escolaridade, onde estão agrupadas pessoas/alunos do mesmo nível. O manual tem sido a peça fundamental que determina a programação, a difusão de conteúdos da cultura escolar e facilita a aprendizagem. A grande relevância influenciadora do manual nas programações tem sido manifestada por diferentes autores: na sociologia da educação (Apple, 1989; Bonafé, 2002), nas teorias da aprendizagem dos

conteúdos (Urdimbre, 2000; D'Angelo, 2001) e na influência da transmissão de conteúdos culturais hegemónicos (Claudino, 2001).

Considerado como um recurso educativo privilegiado na Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 46/86, de 14 de Outubro, com as alterações introduzidas pela Lei n.º 115/97, de 19 de Setembro, alínea a) ponto 2 do Art.º 41º), o manual escolar é concebido como mediador entre o programa e os alunos, servindo de referência ao professor como sustentáculo na apresentação dos conteúdos de aprendizagem e de referência aos alunos, através da sua leitura, acedem ao conhecimento, sistematizam e progridem na aprendizagem, contribuindo para a aquisição de conhecimentos e para o desenvolvimento de competências gerais e específicas e promoção de finalidades programáticas de cada área curricular disciplinar.

Segundo o Artº 2.º do Decreto-Lei n.º 57/87, de 31 de Janeiro, “o manual escolar é todo o instrumento de trabalho impresso e estruturado que se destina ao processo de ensino aprendizagem, apresentando uma progressão sistemática quanto aos objectivos e conteúdos programáticos e quanto à sua própria organização de aprendizagem”. Refira-se que este Decreto-Lei fixou o prazo de vigência dos programas curriculares em cinco anos e instituiu o processo de apreciação dos manuais escolares pelos estabelecimentos de ensino. Posteriormente, o Decreto-Lei n.º 176/96, de 21 de Setembro, estabeleceu vários conceitos relacionados com a política do livro em geral, destacando-se algumas das definições constantes no Art.º 1:

Alínea a) *Livro* – toda a obra impressa em vários exemplares, destinada a ser comercializada, contendo letras, textos e ou ilustrações visíveis, constituída por páginas, formando um volume unitário, autónomo e devidamente encapado, destinada a ser efectivamente posta à disposição do público e comercializada e que não se confunda com uma revista...;

Alínea g) *Manual escolar* – o instrumento de trabalho individual, constituído por um livro em um ou mais volumes, que contribua para a aquisição de conhecimentos e para o desenvolvimento da capacidade e das atitudes definidas pelos objectivos dos programas curriculares em vigor para cada disciplina, contendo a informação básica necessária às exigências das rubricas programáticas. Supletivamente, o manual poderá conter elementos

para o desenvolvimento de actividades de aplicação e avaliação da aprendizagem efectuada;

Alínea h) *Livro auxiliar* – o instrumento de trabalho individual e colectivo, constituído por um livro em um ou mais volumes, que, propondo um conjunto de informação, vise a aplicação e avaliação da aprendizagem efectuada, destinado exclusivamente a um ano de escolaridade.

Em documentos mais recentes que regulamentam o manual, são-lhe conferidas funções que visam “contribuir para o desenvolvimento de capacidades, para a mudança de atitudes e para a aquisição de conhecimentos propostos nos programas em vigor” (Circular 14/97). Pela circular n.º 7/2000 surge um valor acrescido para a formação cívica e democrática dos alunos, referindo que “o manual escolar contribui também, através de valores que explicita ou implicitamente veicula, para a formação cívica e democrática dos alunos”. Mais, o manual assume um estatuto privilegiado na aquisição de conhecimentos, atitudes e hábitos de trabalho porque “enquanto auxiliar do processo de ensino e de aprendizagem, o manual escolar visa contribuir para a aquisição de conhecimentos e para o desenvolvimento de capacidades, atitudes e hábitos de estudo”. Pelo exposto, pode concluir-se que o manual se reveste de um amplo e elevado estatuto que funciona de suporte às práticas lectivas, regulando e condicionando, entre outros aspectos, os conteúdos a adquirir e os processos da sua transmissão e (...) na aquisição dos conhecimentos propostos nos programas em vigor (Dec.-Lei n.º369/90, de 26 de Novembro, Art.º 2.º).

3.1. Estudo 1 – Análise dos manuais

O Estudo do Meio é uma área para a qual concorrem conceitos e métodos das Ciências Naturais – como a Biologia, a Geologia, a Física e a Química – e das Ciências Sociais – como a Geografia, a História, a Economia, a Sociologia e a Antropologia, abrangendo, assim, uma elevada diversidade de temas, questões, conceitos e métodos, que permitem ao professor uma ampla acção, dirigida ao aluno no seu meio ambiente e intervir na construção do seu futuro pessoal e social.

Com o Estudo do Meio, pretende-se que os alunos adquiram conhecimentos e capacidades, desenvolvam e interiorizem atitudes e valores para compreenderem a realidade envolvente

e distante, e suas repercussões, de forma a assumirem, no futuro, o papel de cidadãos activos e intervenientes na problemática ambiental em permanente transformação. Para atingir esta finalidade relevante, a área de Estudo do Meio deverá promover a compreensão, análise e avaliação crítica dos factores/problemas que afectam a Humanidade e a tomada de posições, quer em termos espaciais quer temporais.

O Estudo do Meio deve propor objectivos, temas, conteúdos e processos que, percebidos pelo professor em termos de educação para o ambiente, façam desta área um espaço de excelência para a Educação Ambiental. Isto porque o Estudo do Meio posiciona-se na intersecção de todas as outras áreas do programa, podendo promover a sua integração a partir de temas abrangentes, permitindo alargar ou reforçar em todas as áreas a vertente da formação para a valorização/consciencialização da necessidade do uso sustentável da água e para toda a problemática com ela relacionada, especialmente a escassez e a qualidade. Os conteúdos, intencional e criteriosamente seleccionados, deverão suscitar aprendizagens e dinâmicas promotoras de valores e atitudes fundamentais para o exercício futuro da cidadania em contextos cada vez mais amplos e complexos.

Justifica-se, portanto, a análise efectuada aos manuais de Estudo do Meio do 1.º Ciclo, aos das Ciências Naturais do 2.º e 3.º Ciclos, excepto o 9.º ano porque não tem área disciplinar de Ciências. Suprimindo este facto, foi decidido analisar a área disciplinar de Geografia do 9.º ano porque esta contempla inúmeros conceitos relacionados com o ambiente. Os parâmetros de análise visaram categorizar os conteúdos relativos à água e correlacioná-los com o Currículo Nacional vigente para servir de base às propostas de actividades experimentais a construir.

Foram analisados os manuais adoptados nas escolas que constituem o Agrupamento Vertical "Escolas de Pevidém" a que pertence a professora-investigadora. Este Agrupamento é constituído pelos três ciclos do Ensino Básico, com uma população total, em 2002/2003, de 1657 alunos distribuídos da seguinte forma: 1.º Ciclo 820 alunos, 2.º Ciclo 383 alunos, e 3.º Ciclo 454 alunos. Neste agrupamento a selecção dos manuais para os diferentes anos de escolaridade foi efectuada consoante legislação em vigor (Decreto-Lei nº 369/90, de 26 de Novembro), que estabelece o sistema de adopção e o período de

vigência de quatro anos. Seguem-se os manuais enumerados por ciclo e ano os programas analisados.

1.º ciclo:

1.º ano: *Estudo do Meio do Pequeno Mestre*

Maria Freitas (1999) Gailivro.

2.º ano: *Estudo do Meio do Pequeno Mestre*

Maria Freitas (2000) Gailivro.

3.º ano: *Estudo do Meio, Despertar*

Hortência Neto, (2002) Edições Livro Directo.

4.º ano: *Estudo do Meio, Despertar*

Hortência Neto, (2002) Edições Livro Directo.

2.º ciclo:

5.º ano: *Bioterra. Ciências da Natureza. Partes 1 e 2*

Lucinda Motta, Maria dos Anjos Viana e Emídio Isaías (2002a) Porto Editora.

6.º ano: *Bioterra. Ciências da Natureza. Partes 1 e 2*

Lucinda Motta, Maria dos Anjos Viana e Emídio Isaías (2002b) Porto Editora.

3.º ciclo:

7.º ano: *Planeta Vivo. Terra no Espaço. Terra em transformação*

Amparo Dias da Silva, Maria Ermelinda Santos, Almira Fernandes Mesquita, Ludovina Baldaia, e José Mário Félix (2002) Porto Editora.

8.º ano: *BIOvida. Ciências Naturais.*

Lucinda Motta e Maria dos Anjos Viana (1999) Porto Editora.

9.º ano: *Espaço Mundial – Geo*

Fernando Santos e Francisco Lopes (2001) ASA Editores.

Programas analisados:

Ministério da Educação (1990). *Reforma Educativa, Programa do 1.º Ciclo Ensino Básico.* Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário. pp. 67-95.

Ministério da Educação (1991). *Organização Curricular e Programas.* Vol. I, 3.º Ciclo do Ensino Básico. Reforma Educativa. Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário. pp. 207-222.

Ministério da Educação (1991). *Programa de Ciências da Natureza. Plano de Organização do Ensino-Aprendizagem*. Vol. II, 2.º Ciclo do Ensino Básico. Reforma Educativa. Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário.

Ministério da Educação (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Departamento da Educação Básica. pp. 129-236.

Ministério da Educação (2002). *Orientações Curriculares – Ciências Físicas Naturais*. 3.º Ciclo do Ensino Básico. Departamento do Ensino Básico.

O presente estudo envolveu quatro parâmetros de análise:

1. ciclo do uso da água;
2. causas da poluição da água;
3. consequências da poluição da água;
4. tratamentos/soluções para a despoluição da água.

Analisou-se o conteúdo programático por ciclo e subdividido por anos de escolaridade.

3.2. Estudo 2 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água

3.2.1. Concepções alternativas dos alunos

As concepções alternativas, ou concepções espontâneas, são aquelas que a criança tem sobre determinado tema sem que tenha havido interferência do professor. Elas surgem na mente da criança em consequência da sua interacção com o meio, são intuitivas, resistentes à alteração e, geralmente, desfasadas das concepções científicas.

Há já algumas décadas que a detecção de *erros conceptuais* se converteu numa forte linha de investigação e em que os professores concederam especial atenção a estes estudos. Desde meados dos anos 70 que a detecção dos erros conceptuais relevantes deu lugar a uma literatura abundante (ver amplas selecções bibliográficas de Osborne e Wittrock, 1983; Carrascosa, 1985; Hierrezuelo, 1989). Todos os campos das ciências foram analisados dentro deste âmbito: a Mecânica (McDermott, 1984; Sebastia, 1984) o Calor

(Macedo e Soussan, 1985) a Electricidade (Varela, 1989), a Óptica (De la Rosa, 1984; Viennot e Kaminsky, 1991), a Química (Furió, 1986), a Geologia (Granda, 1988) e a Biologia (Jiménez, 1987).

As investigações dos *erros conceptuais* conduziram, de imediato, diferentes autores a verificar a hipótese da existência de ideias prévias, nas crianças, sobre temas científicos, antes da aprendizagem escolar. A terminologia das concepções dos alunos é tão ampla quanto os seus autores: *teorias ingénuas* (Caramazza *et al.*, 1981), *ciência das crianças* (Gilbert *et al.*, 1982; Osborne e Wittrock, 1983), *esquemas conceptuais alternativos* (Driver e Easley, 1978), *representações* (Astolfi, 1978; Giordan, 1985), *crenças dos alunos* (Erickson, 1980), *concepções alternativas* (Hewson, 1981), *preconceitos* (Carrascosa e Gil, 1987), *concepções ou constructos* (Giordan e De Vecchi, 1987), *ideias prévias* (Hierrezuelo e Montero, 1988), etc.

Apesar do interesse recente pelo estudo das concepções alternativas, deve referir-se que existem precedentes de grande notoriedade como Vigotsky (1973), “pré-história da aprendizagem”, Bachelard (1938) a referência a “um conhecimento anterior”, e sem esquecer os trabalhos de Piaget (1971) que propôs o rastreio da origem psicológica das noções até aos estádios pré-científicos ou de Ausubel (1978) que afirmou “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educativa a um só princípio, enunciaria este: averigúe-se o que o aluno já sabe e ensine-se conseqüentemente”.

3.2.2. A aprendizagem para a mudança conceptual

O interesse fundamental das investigações sobre as concepções ou esquemas conceptuais alternativos dos alunos manifesta-se como imprescindível para traçar situações de aprendizagem. Esta abundante linha de investigação está relacionada, essencialmente, com um novo modelo de ensino e aprendizagem das ciências que contemplam a aprendizagem como uma mudança conceptual, isto é, substituir as concepções espontâneas por conhecimentos mais científicos. Facto que deu origem a algumas diferenças terminológicas, mas coincidentes ao conceber a aprendizagem das ciências como uma construção de conhecimentos, que parte necessariamente de um conhecimento prévio. Será o despontar de um modelo construtivista de aprendizagem das ciências (Novak, 1988) que

integra investigações recentes sobre didáctica das ciências (Hewson, 1981; Posner *et al.*, 1982; Gil, 1983; Osborne e Wittrock, 1983, Resnick, 1983; Driver 1986; Driver 1988; Hodson, 1988).

As principais características da visão construtivista (Driver, 1986) são:

1. o que há no cérebro de quem vai aprender tem importância;
2. encontrar sentido supõe estabelecer relações: os conhecimentos que podem conservar-se permanentemente na memória não são factos isolados, mas muito estruturados e estão relacionados de múltiplas formas;
3. quem aprende constrói activamente significados;
4. os alunos são responsáveis pela sua própria aprendizagem.

Influência especial na alteração do ensino das ciências exerceu a proposta de considerar a aprendizagem como uma mudança conceptual (Posner *et al.*, 1982) fundamentada no paralelismo existente entre o desenvolvimento conceptual de um indivíduo e a evolução histórica dos conhecimentos científicos. Segundo esta perspectiva, a aprendizagem significativa das ciências constitui uma actividade racional semelhante à investigação científica: os resultados - a mudança conceptual -, pode contemplar-se com o equivalente, seguindo a terminologia de Kuhn (1971) – pela mudança de paradigma. A partir das ideias de Toulmin (1977) sobre filosofia das ciências, alguns autores (Posner *et al.*, 1982) identificam quatro condições para que haja uma mudança conceptual:

- 1.^a é necessário que se produza insatisfação com os conceitos existentes;
- 2.^a tem de existir uma concepção minimamente inteligível;
- 3.^a deve chegar a ser plausível, ainda que inicialmente contradiga as concepções dos alunos;
- 4.^a terá de ser potencialmente frutífera, dando explicação das anomalias encontradas e abrir novas áreas de investigação.

Uma reflexão sobre as características básicas do trabalho científico, à luz das orientações epistemológicas actuais, permite tirar conclusões semelhantes. Traça-se assim com grande clareza o paralelismo entre os paradigmas teóricos e o desenvolvimento e os esquemas conceptuais dos alunos e seu desenvolvimento, incluindo as reestruturações profundas das

alterações conceptuais (Gil, 1983). Nos últimos anos, estas concepções sobre a aprendizagem das ciências conduziram a vários modelos de ensino que tinham por finalidade a mudança conceptual dos alunos (Pozo, 1989). Driver (1986) define uma sequência de quatro actividades:

1. identificação e clarificação das ideias que os alunos já possuem;
2. aposta na discussão das ideias dos alunos através da utilização de contra-exemplos;
3. introdução de novos conceitos, mediante um “turbilhão de ideias” dos alunos ou por apresentação explícita do professor ou através de materiais de instrução;
4. proporcionar oportunidades aos alunos para utilizarem as novas ideias e adquirirem auto-confiança.

Há alguns resultados experimentais sobre estratégias de ensino baseadas no modelo de mudança conceptual que produzem a aquisição de conhecimento científicos mais eficazes que a estratégia habitual de transmissão/recepção (Hewson e Thorley, 1989). O respeito pelas concepções dos alunos e a orientação do ensino conducente a tornar possível a mudança conceptual, surgem hoje como aquisições relevantes da didáctica das ciências, quando teoricamente fundamentadas e apoiadas pela evidência experimental. No entanto, alguns autores (Fredette e Lochhead, 1981; Engel e Driver, 1986; Shuel, 1987; White e Gunstone, 1989) constataram que certas concepções alternativas são resistentes à aprendizagem, mesmo quando esta está objectivamente orientada para provocar uma mudança conceptual. Também há indicação que a mudança conceptual é mais aparente que real porque ao fim de pouco tempo voltam a emergir as concepções que se supunham superadas (Hewson e Thorley, 1989). Por isso, é necessário aprofundar no modelo de aprendizagem das ciências que tenha em consideração outros aspectos, a desenvolver posteriormente.

3.2.3. Ensino experimental das ciências

Só há uma mudança conceptual efectiva quando está associada a uma alteração metodológica que permita aos alunos superar as suas próprias formas de pensamento e abordar os problemas sob uma orientação científica. Por isso são criticadas as estratégias

de ensino que utilizam a mudança conceptual através de contra-exemplos e defende-se as que têm uma orientação fundamentada no tratamento de situações problemáticas abertas. As concepções alternativas dos alunos estão associadas a uma metodologia caracterizada pela certeza e pela ausência de dúvidas, enquanto a não consideração de soluções alternativas é pautada por respostas muito rápidas e seguras baseadas nas evidências do sentido comum e por tratamentos pontuais com falta de coerência na análise de diferentes situações (Minestrell, 1982; Whitaker, 1983; Halloun e Hestenes, 1985; Champagne *et al.*, 1985).

Um aspecto negativo no ensino das ciências, constantemente referido, é a utilização quase exclusiva de conhecimentos declarativos em detrimento dos experimentais. Por isso não chega falar da mudança conceptual para que se tenha em conta as exigências metodológicas e epistemológicas que lhe estão relacionadas. Antes pelo contrário, se não houver uma forte insistência contínua e fundamentada, as actividades experimentais continuarão ausentes no ensino das ciências (Yager e Penick, 1983). A estratégia de ensino mais coerente com uma orientação construtivista será aquela que propõe uma aprendizagem baseada no tratamento de situações problemáticas relevantes.

3.2.4. Tratamento de situações problemáticas

A orientação da aprendizagem/investigação das ciências deve conduzir os alunos a uma construção de conhecimentos através do tratamento de situações problemáticas. Estas são definidas por Krulik e Rudnik (1980) como: “um problema é uma situação quantitativa, ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem os meios ou caminhos evidentes para obtê-la”. As estratégias de resolução são, em certa medida, o equivalente aos desenhos experimentais nas investigações que incluem uma verificação experimental e há que considerá-las como uma tarefa aberta, sujeita a tentativas constantes. É fundamental procurar diferentes vias de resolução, que além de facilitar a verificação dos resultados pode concorrer para demonstrar a coerência dos conhecimentos.

A exigência de uma planificação prévia das estratégias de resolução de problemas, que não sendo rígida, deverá ser conducente a evitar uma actividade simples de “tentativa e erro”. A procura de estratégias de resolução de problemas pode ser modificada ou reajustada

sempre que se julgue oportuno. Consequentemente, também é necessário que a resolução esteja fundamentada e claramente explicitada à medida que vão acontecendo os reajustes. Como referem Jansweijer *et al.* (1987) “quando a tarefa é um verdadeiro problema, as dificuldades e as revisões são inevitáveis”. Outra possível abordagem é a utilização da heurística proposta por Polya para a resolução de problemas em diferentes campos e pode ser aplicado na resolução de problemas ambientais. O *Modelo de Resolução de Problemas de Polya* indica quatro fases fundamentais (Brandão, 2005):

1. *compreensão do problema* – inteirar-se da compreensão e identificação da incógnita, sem que nenhum parâmetro relevante seja descorado e claramente explicitado;
2. *concepção do Plano* – criar um plano que seja solucionável. É necessário subdividir o problema para criar pequenos problemas para facilitar a sua resolução;
3. *execução do Plano* – implementação para obter uma solução;
4. *análise dos Resultados* – validação da solução.

Os alunos podem ser ensinados a ter sucesso na resolução de problemas se forem estimulados a seguir conscientemente e sequencialmente as fases do Modelo de Polya (Polya, 1973; citado em Brandão, 2005).

3.2.5. Análise da resolução de problemas

A análise dos resultados é um aspecto essencial na abordagem de um problema, nomeadamente no que se relaciona com a verificação em relação às hipóteses emitidas e ao *corpus* de conhecimentos. Fazem grande sentido as propostas de Larkin e Reif (1979) que designam por verificação da consistência interna:

- é razoável o valor da resposta?
- depende da resposta, de uma forma qualitativa, dos parâmetros do problema no sentido esperado?
- Ajusta-se a resposta ao que se poderá esperar em situações simples e especiais?
- obtém-se a mesma resposta por outro meio diferente da resolução?

O processo de análise dos resultados defendido pelos mesmos autores (Larkin e Reif, 1979) ajusta-se a uma verificação da hipótese ao princípio da resolução para orientá-la e dirigir a pesquisa de dados necessários (variáveis pertinentes) em vez de pedir que “se reconheçam” no enunciado como ponto de partida. Nesta medida, os resultados podem ser a origem de novos problemas, um ponto de partida para a resolução de novos problemas. Este será o aspecto mais aliciante para os alunos (e professores) que pode conduzir a uma grande criatividade. O debate sistemático de ideias permite efectuar a transformação da resolução de problemas de papel e lápis numa actividade aberta, criativa e interessante para os alunos.

3.2.6. Construção de conhecimentos

O ensino aprendizagem das ciências como investigação concorre para que os alunos construam os seus conhecimentos através da investigação dirigida pelo professor, que naturalmente dominará, e em que os resultados parciais obtidos pelos alunos poderão ser reforçados ou questionados quando comparados com os resultados científicos precedentes. Ao favorecer-se um trabalho colectivo de investigação dirigida em contexto de sala de aula, tão distante da descoberta autónoma como da transmissão de conhecimentos já elaborados (Gil, 1983; Millar e Driver, 1987). Tal prática exige “programas de actividade” (programas de investigação) susceptíveis de estimular e orientar adequadamente a (re)construção de conhecimentos pelos alunos (Gil, 1982). Talvez a implicação mais relevante do modelo construtivista no desenho curricular, referida por Driver e Oldham (1986), seja “conceber o currículo não como um conjunto de conhecimentos e habilidades, mas como um programa de actividades através das quais os referidos conhecimentos e habilidades podem ser construídos e adquiridos”. A construção de tais programas contribuiria naturalmente para uma inovação no ensino das ciências.

O trabalho de pequenos grupos favorece a interacção entre os diferentes grupos (Wheatley, 1991) porque os alunos podem atingir uma prática de trabalho científico: insuficiência de ideias e resultados obtidos por um único grupo colectivo e a necessidade de comparar os resultados com os obtidos por outros até que se produza evidência convergente para ser aceite pela comunidade científica. O trabalho experimental obtido em laboratório escolar permite referir a verificação da hipótese (Hodson, 1988), residindo nisto a importância do

intercâmbio inter-grupos e a participação do professor como “porta-voz de muitos investigadores”.

O modelo construtivista engloba três elementos básicos:

- 1) *programas de actividades* (situações problemáticas que podem implicar os alunos numa investigação dirigida);
- 2) *trabalhar em pequenos grupos*;
- 3) *interacções entre os mesmos e a comunidade científica* (representada pelo professor, textos, etc.).

Tais características configuram o “construtivismo radical” definido por Wheatley (1991), mas que encontra outros autores (Driver e Oldham, 1986) com as mesmas propostas e fundamentações.

3.2.7. Avaliação

Transformar o ensino das ciências pressupõe naturalmente elaborar um novo modelo que integre coerentemente os diferentes aspectos do processo de ensino aprendizagem e consequentemente a avaliação. A investigação didáctica assente em inovações curriculares pode considerar-se consolidada se reflecte transformações na sua avaliação (Linn, 1987). As inovações não seriam significativas com uma avaliação que não desse suporte às mesmas. É no processo de avaliação onde há manifestas insuficiências, especialmente no aspecto que estabelece a confrontação mais evidente entre professores e alunos. Na perspectiva de alguns autores (Gil *et al.*, 1991; Alonso *et al.*, 1992) também é um dos domínios em que as ideias e comportamentos docentes “de sentido comum” (a inevitabilidade do fracasso de uma percentagem elevada de alunos, dado que “nem todos estão capacitados para as ciências”, facilidade de avaliar as matérias científicas com objectividade e precisão, entre outros) se mostram mais persistentes.

Uma avaliação que possa ser transformada num instrumento de aprendizagem deverá ter um papel orientador e impulsionador do trabalho dos alunos e englobar aspectos conceptuais, procedimentais e atitudinais. Sem cair em “taxonomias muito pormenorizadas de objectivos operativos” (Bloom *et al.*, 1975) – expressão de orientações condutoras consideradas manifestamente em retrocesso (Gimeno, 1982) mas que começam a renascer

com a formulação dos produtos resultantes da aprendizagem (*learning outcomes*) – é necessário “ter presente os objectivos da educação científica e os obstáculos a superar” (Martinand, 1985) para produzir as mudanças conceptuais, metodológicas e atitudinais implicadas nessa aprendizagem.

3.3. Levantamento das concepções alternativas

3.3.1. O desenho como método de recolha de dados

Para determinar as concepções dos alunos nos primeiros anos de escolaridade foi utilizado um tipo de linguagem capaz de aferir o mesmo tipo de análise às perguntas efectuadas no questionário utilizado. Recorreu-se a uma resposta gráfica sob a forma de desenho e respectiva legenda, enquanto nos dois primeiros anos houve a preocupação de ser o próprio aluno a legendar, mas acompanhado pela professora-investigadora, para que nada fosse expresso sem qualquer tipo de significado.

Justifica-se este método na recolha de dados sobre as concepções alternativas dos alunos, dado que para as crianças deste nível de ensino a resposta escrita constituir uma situação complexa nova que pode causar inibições. Ponte (2003) valorizou muito este método que utilizou em crianças que apresentavam dificuldades ao nível da expressão escrita. Defende a mesma autora, que ao desenharem qualquer objecto ou espaço utilizam na totalidade representações gráficas, enquanto que a expressão escrita pode ser considerada descontextualizada, ou seja, sem estabelecer a ligação ao objecto. Logo, este tipo de expressão é mais rico, expressivo e representativo da realidade presente na organização mental da criança.

Lowenfeld (1977) defende que a aprendizagem que toda a criança possa adquirir, só pode efectuar-se através da interacção desta com o ambiente, utilizando os sentidos para a sua consecução. Desenhar, pintar ou construir, constitui um processo complexo em que a criança reúne diversos elementos da sua experiência para formular um novo e significativo todo (Lowenfeld e Brittain, 1970). Outro autor, Stern (1976) considera a expressão simbólica como uma segunda linguagem do inconsciente que completa a razão. Acrescenta ainda que este género de linguagem “é um meio de libertação que permite à criança escrever o jornal íntimo do seu psiquismo”.

3.3.2. A representação mental do objecto

A representação é um acto mental que evoca e expressa o objecto. É a simplificação da complexidade. A representação mental (Wallon, 1979) é “uma fórmula estática, bem delimitada, que parece bastar-se mais ou menos a si própria no momento em que é pensada. ... é a fórmula terminal em que se inseriram e delimitaram aspectos do objecto”. Denominar o desenho infantil como representação implica trabalhar com uma dualidade do sentido da palavra, por um lado há o processo entre o acto de imaginar (traduzir a imagem mentalmente) e por outro, há o processo do acto de registar graficamente (desenhar). Representar graficamente pressupõe construir uma imagem plástico-visual do objecto a partir de representações mentais que têm a ver com factos experienciais anteriores e com a memória (Vygotsky, 1987).

Wallon (1979) distingue duas diferenciações na representação do desenho: *transcrição gráfica* e *representação*. A primeira refere-se ao desenho infantil das fases iniciais e a segunda, o desenho das fases posteriores. O desenho das fases iniciais apresenta uma estrutura deficitária nas partes constituintes do objecto, é a fase da percepção global e confusa, definida por Luquet (1969) como a fase do *sincretismo visual*, na qual a criança desenha de memória ou utilizando esquemas muito simplificados e estereotipados. Já o objecto na representação é desenhado a partir de pontos de vista determinados, apresentando uma configuração unitária e totalizadora. O “*Modelo Interno*” defendido por Luquet (1969) é a repetição de determinados esquemas nos desenhos infantis. São figuras que se repetem exactamente ou com algumas modificações em vários desenhos da criança e correspondem ao arquivo imaginário pessoal e intra-psíquico de cada criança, ocorrendo nas fases iniciais do desenho, no pré-escolar, referente à representação da figura humana. Enquanto na idade escolar (Wallon, 1979) os esquemas gráficos são fornecidos especialmente pelo meio exterior, pelo meio sócio-cultural, e não correspondem só a um esforço individual mas também a representações gráficas usuais no meio ambiente e sócio-cultural da criança. Os desenhos passam, portanto, a ser concebidos a partir de representações aprendidas, como a palavra, através de processos interpessoais ou dos *media*. A partir dos 8 ou 9 anos (Wilson e Wilson, 1984) inicia-se o processo de desenvolvimento artístico e permanece operacional durante toda a vida. Defendem os mesmos autores que é a fase da “*aquisição de convenções artísticas*” é um processo

imitativo comparável à aprendizagem da fala. Quer as convenções gráficas de Luquet com uma origem formativa mais particular ou as convenções gráficas mais culturais de Wallon e dos Wilson, determinadas imagens fossem mentalmente armazenadas em função de um destino comum que é o significado das coisas do mundo através do desenho.

A relação entre a imagem e o conceito, representação e palavra pressupõem diferenças e simultaneamente interdependência. Wallon (1979) refere:

“Não há conceito, por mais abstracto que seja, que não implique alguma imagem sensorial, e não há imagem, por mais concreta que possa ser, que não seja suportada por uma palavra e não faça entrar os limites do objecto nos limites desta”.

O desenho deve ser interpretado como um estágio antecedente do desenvolvimento da linguagem escrita (Vygotsky, 1987). Por outro lado, Vygotsky (1989) acrescenta que o desenho é, cronologicamente, na experiência infantil, subsequente à fala:

“... o desenho começa quando a linguagem falada já alcançou grande progresso e já se tornou habitual na criança. ... a fala predomina no geral e modela a maior parte da vida interior, submetendo-a às suas leis. Isso inclui o desenho.”

E conclui:

“Notamos que quando uma criança liberta os seus arquivos de memória através do desenho, ela fá-lo na forma da fala, contando uma história. ... Vemos, assim, que o desenho é uma linguagem gráfica que surge tendo por base a linguagem verbal.”

Falar ou representar graficamente são processos comunicativos que implicam emitir conceitos que resultam duma memória ou percepção, a figura do objecto e a palavra que o denomina, ou qualquer tipo de vivência, ocorrem simultaneamente. Para que um desenho, nos estádios iniciais, tenha significado necessita de verbalização, da palavra para que o observador o identifique. Alguns autores (Wallon, 1979; Vygotsky, 1989) argumentam que mesmo em estádios posteriores, em que existe uma clara relação entre o objecto e a sua representação gráfica, a palavra permanece ligada ao esquema gráfico.

Nos primeiros anos de escolaridade a representação gráfica e a palavra parecem ser simultâneos. A exteriorização da primeira subentende a presença da última. Aos sete anos, uma criança utiliza o desenho como um recurso a mais na comunicação. Com ele a criança procura mais uma língua(gem) comunicativa do que uma fala pessoal. A língua, como refere Barthes (1964), é “*essencialmente um contrato colectivo ao qual temos de submeter-nos em bloco se quisermos comunicar*”. Considerando os esquemas um elemento de linguagem, os desenhos escolares têm um sentido didáctico-pedagógico porque podem traduzir uma metalinguagem plena de significados, de compreensões e de aprendizagens. Metalinguagem é “*uma operação*” e uma operação (de significação) “*é uma descrição fundada num princípio empírico não contraditório, exaustivo e simples*”.

Damásio (2000) designa “imagem” como a estrutura mental elaborada a partir de sinais provenientes de cada uma das modalidades sensoriais – visual, olfactiva, auditiva, gustativa e somático-sensorial” e refere que o pensamento é configurado a partir de um “fluxo de imagens”. O mesmo autor declara também que são as imagens que expõem mentalmente os conceitos e permitem a compreensão das palavras. Conclui:

“As imagens são construídas quando mobilizamos objectos – de pessoas e lugares a uma dor de dentes – de fora do cérebro em direcção ao seu interior, e também quando reconstruímos objectos a partir da memória, de dentro para fora, por assim dizer. ... Poderíamos dizer que as imagens são uma moeda corrente da nossa mente.”

Como o recurso aos desenhos (esquemas) explicativos constitui um instrumento útil (Giordon e De Vecchi, 1987) quando se pretende conhecer as concepções dos alunos, pediu-se-lhes que respondessem nas fichas de trabalho a quatro perguntas na forma de desenho e com a respectiva legenda (ver secção seguinte).

3.4. 1.^a Fase: Estudo piloto

3.4.1. Construção das fichas de trabalho

A construção das fichas de trabalho com quatro perguntas teve por objectivo fundamental a abordagem do ciclo de uso da água. Na selecção das perguntas, procurou-se incidir nos pontos mais significativos do ciclo do uso da água (Fig. 3.1): captação, descarga, utilidade

e Natureza. As perguntas utilizadas para diagnosticar as concepções dos alunos, neste estudo foram criteriosamente seleccionadas quanto aos objectivos pretendidos e à adequação da linguagem usada na sua formulação.

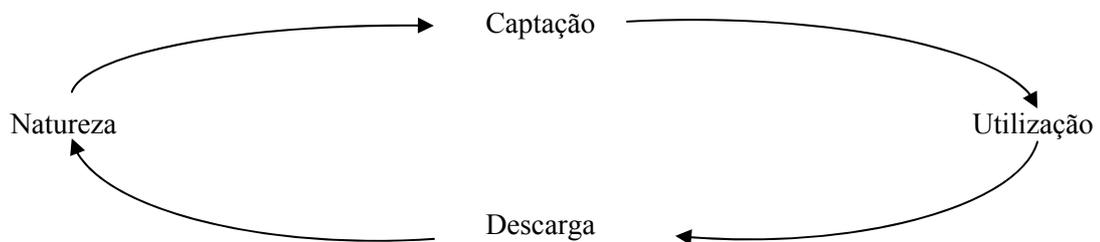


Figura 3.1. Esquema simplificado do ciclo do uso da água.

Cada questão foi apresentada separadamente numa folha de papel A₄ num espaço limitado por uma moldura (Figuras 3.2 a 3.5).

1. De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?
Responde através de desenho e faz a respectiva legenda. Utiliza o espaço da moldura.

Nome _____
Anos _____
Sexo: masculino feminino

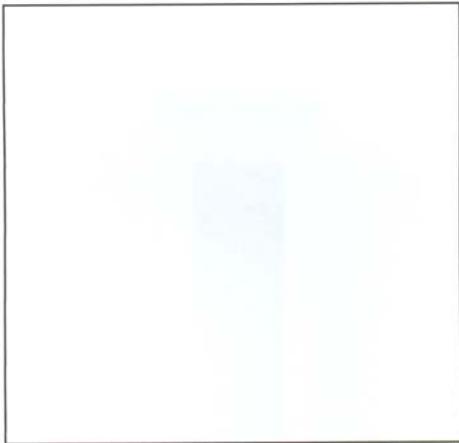
Figura 3.2. Modelo da pergunta 1: “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?”.

2. Como chega a água às torneiras da tua casa?
Responde através de desenho e faz a respectiva legenda. Utiliza o espaço da moldura.

Nome _____
Anos _____
Sexo: masculino feminino

Figura 3.3. Modelo da pergunta 2: “Como chega a água às torneiras da tua casa?”.

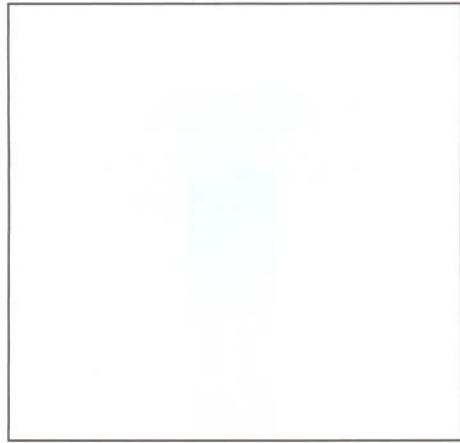
3. Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?
Responde através de desenho e faz a respectiva legenda. Utiliza o espaço da moldura.



Nome _____
Anos _____
Sexo: masculino feminino

Figura 3.4. Modelo da pergunta 3: “Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?”.

4. Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?
Responde através de desenho e faz a respectiva legenda. Utiliza o espaço da moldura.



Nome _____
Anos _____
Sexo: masculino feminino

Figura 3.5. Modelo da pergunta 4: “Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?”

3.4.2. Aplicação das fichas de trabalho

As fichas de trabalho foram aplicadas a 19 alunos do 4.º ano para diagnosticar as suas concepções alternativas acerca do ciclo do uso da água, bem como permitir validar os instrumentos e metodologia proposta para este estudo.

3.4.3. Categorização *a posteriori*

Para o tratamento dos dados obtidos nas fichas de trabalho recorreu-se à análise do conteúdo gráfico expresso nas respostas dos alunos. As respostas dos alunos foram agrupadas *a posteriori* nas categorias determinadas para cada uma das questões colocadas:

- Para a pergunta 1 “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?” foram estabelecidas quatro categorias:

- 1) canos;
- 2) depósito;

- 3) origem natural;
 - 4) poço.
- Para a pergunta 2 “Como chega a água às torneiras da tua casa?” foram estabelecidas três categorias:
 - 1) tubo ou cano;
 - 2) tubos ou canos sem ligação entre si;
 - 3) tubos ou canos interligados.
 - Para a pergunta 3 “Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?” foram estabelecidas seis categorias:
 - 1) higiene pessoal (HP);
 - 2) higiene doméstica (HD);
 - 3) alimentação humana (AH);
 - 4) alimentação animal (AA);
 - 5) jardinagem (J);
 - 6) lazer e outros (L).
 - Para a pergunta 4 “Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?” foram estabelecidas três categorias:
 - 1) saneamento básico (SB);
 - 2) descarga a céu aberto (DCA);
 - 3) fossa (F).

3.4.4. Validação

O estudo piloto teve por objectivos:

- 1) permitir uma decisão acerca da potencial pertinência das questões colocadas sobre o ciclo do uso da água;
- 2) determinar a adequação da linguagem utilizada na formulação das questões colocadas;
- 3) adequação do instrumento para posterior generalização na 2.^a fase do estudo.

3.5. 2.^a Fase: Generalização do estudo

Após o estudo piloto (realizado no 4.^o ano) o mesmo questionário foi aplicado aos alunos dos 1.^o, 2.^o e 3.^o anos, englobando, assim, neste estudo todos os anos de escolaridade do 1.^o Ciclo. Procedimento igual ao usado no estudo piloto foi utilizado na categorização dos

resultados obtidos às respostas dadas por estes alunos. A generalização do estudo permite fazer uma análise comparativa das concepções alternativas dos alunos nos diferentes anos de escolaridade do 1.º Ciclo do Ensino Básico.

3.6. 3.ª Fase: Criação de materiais e organização das actividades experimentais

A necessidade crescente de água a nível mundial impõe que esta seja utilizada racional e sustentadamente. Para que os alunos compreendam o destino da água que utilizam no seu quotidiano e a necessidade do seu tratamento, assim como desenvolvam a noção de reutilização e, conseqüentemente, de depuração da água, os alunos do 3.º e 4.º anos, em contexto de sala de aula, foram submetidos a um conjunto de actividades experimentais. Para o efeito, os materiais para a componente experimental foram preparados utilizando materiais simples, de baixo custo e de fácil aquisição. Na construção da mini-depuradora recorreu-se ao reaproveitamento de materiais (garrações e garrafas de plástico vazias), na medida do possível.

Os alunos envolvidos constituem um novo grupo formado por alunos que frequentavam o 2.º ano de escolaridade no ano lectivo 2003-2004 e que agora estão no 3.º ano (2004-2005) e uma turma do 4.º ano de escolaridade intervencionada pela primeira vez. Os alunos do 3.º ano foram acompanhados ao longo de dois anos lectivos para analisar as diferenças verificadas ao longo da sua evolução etária e escolar nesse período de tempo.

3.6.1. Construção da Mini-Depuradora

Apresenta-se a construção e o modo de funcionamento, de forma simplificada, da mini-depuradora (Fig. 3.6) utilizada para demonstrar as diferentes fases do processo que a água sofre desde a Natureza até à água de abastecimento. Para a construção desta (ver esquema da Fig. 3.7), recolhem-se 4 garrafas de água vazias de 1,5 l em polietileno tereftalato (PTE/1) (vulgo dito plástico). As garrafas são limpas dos seus rótulos e 3 delas são cortadas pela linha do gargalo enquanto a outra é cortada a 10 cm da sua base para funcionar como receptor. Das 3 primeiras garrafas, a garrafa (1) é perfurada a 5 cm da sua base; a garrafa (2) é perfurada em dois sítios sendo um furo feito a 5 cm da base e o outro a 15 cm; a garrafa (3) é perfurada de forma idêntica à primeira; finalmente, a garrafa (4) não

necessita de ser perfurada porque é utilizada como receptor. As 3 garrafas são, posteriormente, ligadas através de tubos flexíveis e são colocadas molas para poder interromper a saída ou entrada da água nos diferentes bacias ao longo da experiência. Na bacia de filtração é ainda colocado um filtro (Fig. 3.8) previamente construído com três camadas de areia com diferentes dimensões - areia fina, grossa e gravilha. Também este filtro resulta do reaproveitamento da parte superior de uma garrafa de 33 cl colocada de forma invertida e com a rolha perfurada por uma agulha. Este filtro é suportado por duas varetas ou dois palitos grandes e arame.



Figura 3.6. Mini-depuradora utilizada no ensaio experimental.

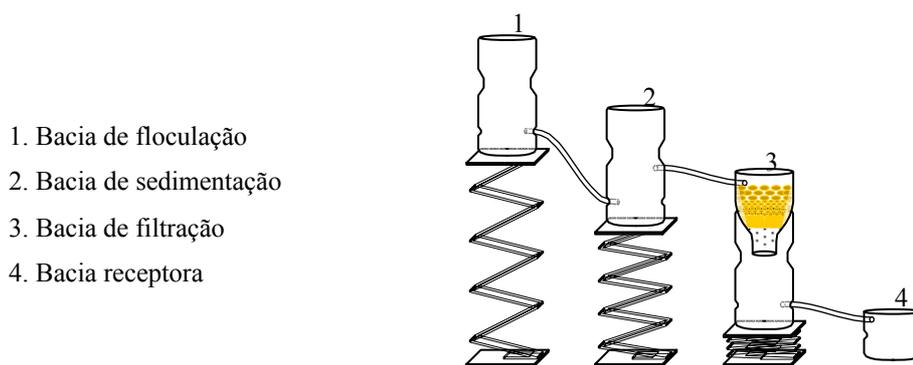


Figura 3.7. Esquema de montagem utilizado nesta actividade experimental.



Figura 3.8. Filtro usado na bacia de filtração da mini-depuradora.

3.6.2. Construção da maquete

Para demonstrar aos alunos a noção de rede de distribuição de água às suas casa construiu-se uma maquete. Para a execução da maquete (Figura 3.9) foram utilizados materiais com as mesmas características anteriormente referidas para a construção da mini-depuradora: materiais de fácil aquisição e económicos, dos quais se destacam o vidro, cartolina, areia, cola, arame, rolhas de cortiça, reaproveitamento de brinquedos, etc. A maquete tem uma dimensão de $0,5 \text{ m}^2$. A sua base é constituída por uma cartolina canelada (1) que simula a cor da terra, sob uma placa de vidro (2) suspensa por 4 rolhas de cortiça (3), onde estão dispostas algumas casas (4) também feitas de cartolina, árvores (onde há reaproveitamento de brinquedos) (5), carros e bonecos (6) e sinais de trânsito (7), simulando uma rua. Foram criados espaços verdes, simulados com cartolina canelada nas cores adequadas (8) e a delimitação das ruas foi executada com areia fina sobre cola (9). Sobre a cartolina foi colocado um sistema de canalização (ver figura 3.10), constituído por tubos flexíveis ligados entre si através de T em metal (11) e dos quais saiam tubos (10) que estabelecem a ligação com as habitações. Estes encontram-se ligados a um tubo (12) vindo do depósito de água. A placa de vidro tem por finalidade permitir uma observação fácil de todo o sistema. Sobre o vidro e perto das casas existe um depósito de água (13) (Figura 3.11) para abastecimento às casas.

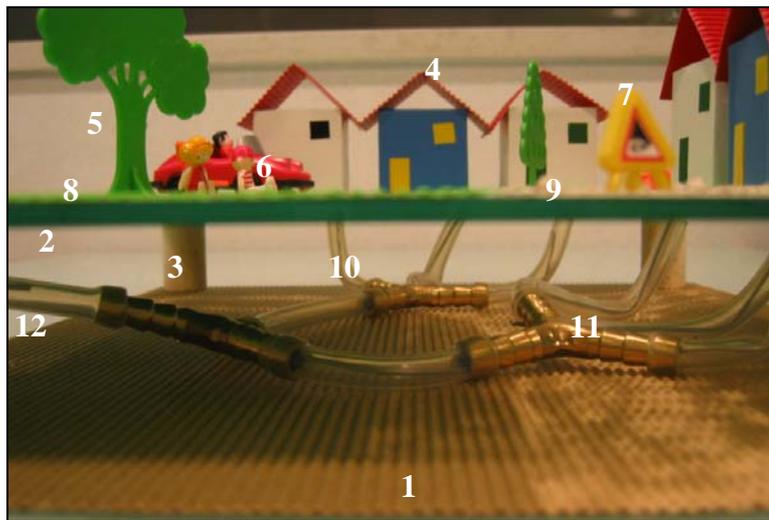


Figura 3.9. Maqueta representativa de rede de abastecimento com divergência de canos para as diferentes habitações.

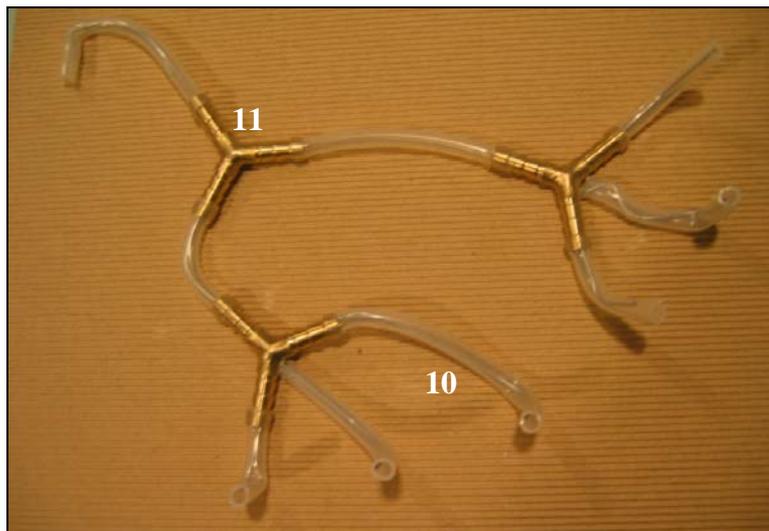


Figura 3.10. Sistema de rede de abastecimento utilizado na maqueta (Fig. 3.9).



Figura 3.11. Vista geral da maqueta.

3.6.3. Planificação do diálogo

No diálogo foram abordadas a utilidade, aplicações, factor de desenvolvimento e uso sustentável da água. Em relação à utilidade importa consolidar conceitos de quem e como se consome água (desde as plantas, animais, Homem, diferentes conceitos de higiene, etc.). As aplicações da água nos diferentes sectores: indústria, economia e doméstica. Dentro desta importa demonstrar que a água consumida na higiene sanitária atinge a maior quantidade consumida quando comparada com aquela que é gasta na alimentação, sendo por isso necessário um controlo consciente na utilização do seu consumo. A água como factor de desenvolvimento aplicada aos sectores de produção de energia hidroeléctrica, produção de alimentos, ao turismo, etc. Finalmente, o uso sustentável da água é um dos aspectos fundamentais que se pretende ensinar às crianças desde a mais tenra idade, conducente ao não desperdício e à valorização deste recurso. Actualmente, a poluição das águas constitui um dos problemas mais sérios que a humanidade tem de enfrentar porque reduz a sua disponibilidade.

3.6.4. Filme sobre a ETAR

O filme (CD ROM Vídeo) (Fig. 3.12) com o título “Tratamento de Águas Residuais do Ave” tem a duração de 10 min e 20s e é propriedade das ETAR de Serzedelo, Agra e Rabada, que o cederam temporariamente para utilização neste estudo. A temporização e os conteúdos abordados estão descritos na Tabela 3.1.

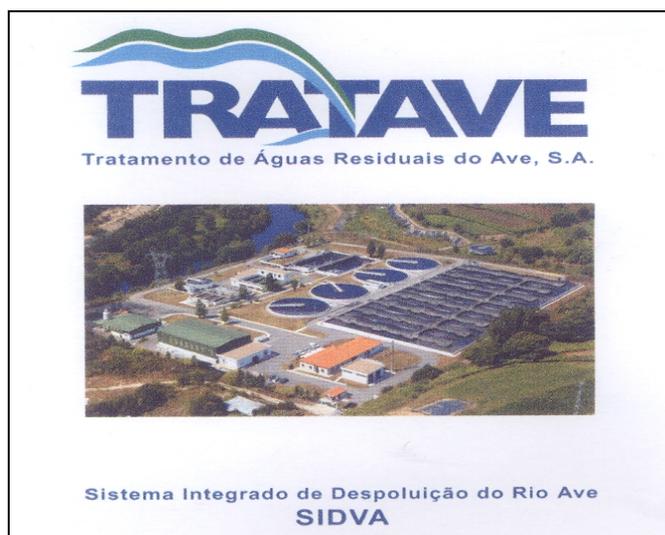


Figura 3.12. Capa do CD sobre o “Tratamento de Águas Residuais do Ave”

Tabela 3.1. Temporização e conteúdos fundamentais do filme sobre o “Tratamento de Águas Residuais do Ave”.

Tempo	Conteúdos fundamentais
20s	Título do filme: Tratamento de Águas Residuais do Ave
38s	Explica a localização da bacia do rio Ave e a área ocupada (1400 km ²). Refere os 14 concelhos dos distritos abrangidos: Braga e Porto.
55s	Localização de várias indústrias (700 das quais 300 são têxteis) como justificação da implantação das ETAR.
1m 20s	Localiza o surgimento dos problemas ambientais detectados, entre 1968 e 1977, na qualidade da água pelo Ministério da Administração Interna, que apresentava forte carga poluente, crescendo drasticamente.
1m 36s	O mesmo tipo de problema, nos anos 80, conduz à criação de laços comuns de associativismo tendo como resultado o sistema actual (Sistema Integrado de Despoluição do Rio Ave).
1m 47s	Apresenta uma vista panorâmica da ETAR de Serzedelo, Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA).
2m 10s	Apresenta os interceptores colocados no rio Ave e seus efluentes, abrangendo os concelhos de Guimarães, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão, Trofa e Vizela que utilizam o tratamento comum, baseados num sistema de interceptores.
2m 21s	Mostra as ligações dos interceptores ao longo de 130 km que serve uma população 400000 habitantes.
2m 37s	Apresenta um mapa com a posição do rio Ave e seus afluentes e assinala os concelhos servidos.
3m 24s	Localiza as 3 ETAR e zonas abrangidas. Tem 3 frentes de drenagem a que corresponde outras estações de tratamento: 1.ª Serzedelo que trata as águas residuais no concelho de Guimarães; 2.ª Rabada que trata efluentes de Guimarães, Santo Tirso e Vizela; 3.ª Agra que trata os efluentes de Santo Tirso, Fafe e Trofa.
4m 12s	O esquema de tratamento: pré-tratamento composto por gradagem, tamizagem, medição de caudal, homogeneização e neutralização.
4m 40s	Após tratamento o efluente é encaminhado para o tratamento biológico aeróbio de lamas activadas e ainda sujeito a um processo de decantação das lamas biológicas.
4m 54s	O efluente já tratado é sujeito a uma afinção final por tratamento fisico-químico e polimento em filtros de areia.

Continuação	
5m 48s	A linha das lamas é constituída por espessamento por floculação das lamas biológicas que após mistura com as lamas físicas-químicas seguem para a desidratação permitindo a sua valorização na agricultura.
6m 29s	Espaço publicitário: apresenta novamente uma vista panorâmica das estações das ETAR e foca novamente os concelhos servidos e o número de empresas.
6m 38s	O objectivo da TRATAVE é melhorar a qualidade da água da bacia do Ave e a satisfação dos seus clientes.
7m 10s	Apresenta o laboratório da ETAR da Rabada, acreditado em 11 parâmetros, onde são efectuadas análises diárias.
8m 33s	Diariamente são colhidas amostras de água em pontos de descarga e verificar a indicação nos aparelhos existentes dentro dos interceptores. São fiscalizadas as empresas ligadas ao sistema para verificar o cumprimento das normas de descarga no SIDVA. A fiscalização, detecção e comunicação aos organismos oficiais de descargas ilícitas no meio hídrico.
8m 52s	A TRATAVE cumpre as determinações do Ministério do Ambiente respeitando os limites impostos nas licenças de descarga.
9m 14s	Apresenta alguns gráficos: SST mg/l, CQO mg/l, CBO ₅ mg/l, n.º de empresas e o caudal (a têxtil é a de maior caudal). Em cada gráfico a legenda indica: esgoto tratado, esgoto não tratado e limite da descarga.
9m 55s	Apresenta agora um rio límpido com dois pescadores, apesar de 26500 milhões de litros de água passarem directamente para o rio sem tratamento, ou seja, o equivalente à carga poluente gerada diariamente por 600000 habitantes.
10m 20s	Fim (aparece um muro de retenção de água, formando uma queda e termina com uma imagem de todo o pessoal da empresa)

O filme explica as fases mais significativas no processo de tratamento de efluentes e sua devolução à Natureza, além de outras explicações técnicas e regulamentares. Todas as explicações são acompanhadas de imagens ilustrativas que concretizam cada uma das fases apresentadas, favorecendo significativamente a compreensão dos alunos. Após o visionamento do filme há um espaço de diálogo, onde os alunos colocam todas as suas dúvidas ou aspectos que pretendam ver mais desenvolvidos ou clarificados. De seguida, é visionado o filme novamente para uma melhor compreensão e consolidação dos conceitos aí presentes. Só compreendendo o mecanismo de funcionamento de uma ETAR, ou seja, do necessário tratamento que os efluentes têm de sofrer para evitar a contaminação dos corpos hídricos e a consequente preservação da água, essencial à sobrevivência de todos os seres vivos, os alunos poderão agir perante o ambiente.

3.7. 4.^a Fase: Estudo do ciclo do uso da água em contexto de sala de aula

3.7.1. Levantamento das concepções alternativas

Para determinar as concepções alternativas dos alunos acerca do ciclo de uso da água, nesta fase do trabalho, foram aplicadas as fichas de trabalho, já utilizadas no estudo piloto (ver secção 3.4). As fichas de trabalho foram aplicadas a alunos do 3.º ano de escolaridade que quando se encontravam no 2.º ano foram submetidos a este mesmo questionário. Pretende-se com este estudo acompanhar a evolução destes alunos ao longo de dois anos lectivos. O questionário foi igualmente aplicado a uma turma do 4.º ano de escolaridade intervencionada pela primeira vez. Depois destas turmas terem concluído o questionário, procedeu-se à categorização das respostas, segundo os critérios já referidos na secção 3.4.3.

3.7.2. Intervenção pedagógica

A intervenção pedagógica inicia-se com a utilização da mini-depuradora que representa o funcionamento simplificado de uma ETA.

3.7.2.1. Funcionamento da mini-depuradora

Depois de misturar água com solo, a suspensão obtida é colocada na bacia de floculação (Fig. 3.13). Como substância floculante é adicionada o sulfato de alumínio hidratado ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) (Fig. 3.14). Depois deste passo, a água é transferida para a bacia de sedimentação e, subsequentemente, para a bacia de filtração passando esta pelo respectivo filtro. A água tratada é, finalmente, recolhida na bacia receptora (Fig. 3.15). A água recolhida após este tratamento é comparada com uma amostra da suspensão inicial guardada para servir de controlo (Fig. 3.16). As informações sobre os procedimentos são dadas progressivamente à medida que a experiência decorre. Esta actividade experimental necessita de 5 horas para que os alunos tomem parte activa e observem todas as fases significativas do processo.



Figura 3.13. Os alunos da turma do 3.º ano a misturem água com solo.



Figura 3.14. Os alunos da turma do 3.º ano a adicionarem a substância floculante à água com solo.



Figura 3.15. Água recolhida na bacia receptora após ensaio experimental.

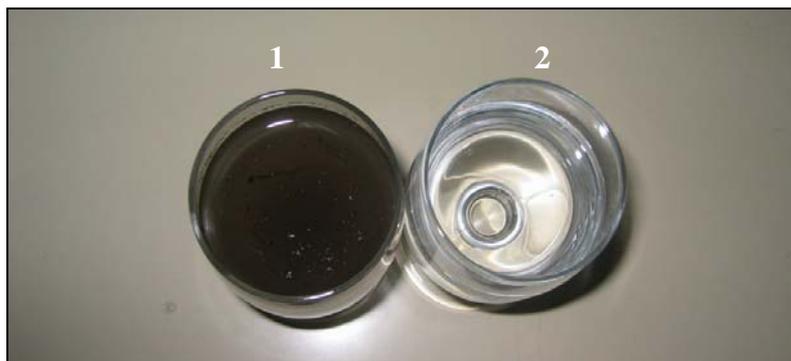


Figura 3.16. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1) e após o tratamento (2).

3.7.2.2. Exploração da maquete

Os alunos observam a maquete que representa uma rede de abastecimento. Ao mesmo tempo que a observação se faz por diálogo e debate procura-se encontrar soluções mais esclarecedoras às questões que os alunos colocam.

3.7.2.3. Finalidade dos ensaios experimentais

Os ensaios experimentais visam a compreensão e aprofundamento das perguntas contidas nas fichas de trabalho aplicadas aos alunos no sentido de tornar simples e acessível a apreensão dos conceitos. Deste modo para:

- a pergunta 1 é implementada a experiência da mini-depuradora e estabelecida uma relação entre esta e uma ETA, dando resposta aos (a) tipos de captação de água (nascente, rio, poço/lençol freático, barragens), (b) distinguir água limpa (obtida na mini-depuradora) e água potável/para consumo humano (ETA) e (c) função do cloro.
- a pergunta 2 é apresentado uma maqueta representativa de uma rede abastecimento de água, dando resposta ao (a) percurso (rede de distribuição) da água da ETA à casa ou de outros pontos de captação e (b) consolidação do conceito de rede de distribuição.
 - a pergunta 3 é desenvolvida através do diálogo, referindo (a) a utilidade doméstica da água, (b) a sua aplicação nos diferentes sectores (agrícolas, industriais, comerciais, desporto/lazer, etc.), (c) como factor de desenvolvimento e (d) utilização sustentável da água (evitar o desperdício).
- a pergunta 4 é apresentado um filme sobre o funcionamento de uma ETAR. Depois da projecção do filme é discutido o que é uma ETAR e as fases mais significativas do processo de tratamento das águas residuais, seguido de novo visionamento do filme para consolidar os conceitos discutidos. Tal procedimento pretende dar resposta a: (a) de onde vêm as águas utilizadas (águas residuais), referidas no filme, (b) qual a função da ETAR e (c) qual a qualidade da água devolvida ao rio pela ETAR.

3.7.2.4. Avaliação das aprendizagens

A avaliação das aprendizagens nas turmas do 3.º e 4.º anos é efectuada através da aplicação das mesmas fichas de trabalho usadas em situação pré-ensaio experimental.

3.8. Estudo 3 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre a poluição agro-química

Esta actividade tem por objectivo o estudo da influência da contaminação agro-química exercida nos corpos hídricos.

3.8.1. 1.ª Fase: Levantamento das concepções alternativas

3.8.1.1. Construção da ficha formativa

A ficha formativa consta de duas partes: 1.ª parte criou-se um desenho com três gravuras que evidencia a crescente/evolutiva intervenção humana na paisagem (Fig. 3.17). Nestas

gravuras explicitou-se a capacidade do homem, ao longo do tempo, degradar o meio, e em particular, o recurso água, quer pela poluição agro-química quer pelas descargas de origem urbana. A última gravura ainda foca a água contida na albufeira como recurso, após tratamento, na utilização doméstica. A 2.^a parte da ficha formativa consta de sete perguntas relacionadas com as alterações produzidas nesta mesma paisagem.

FICHA FORMATIVA

Observa atentamente as 3 gravuras. Pinta os elementos de cada gravura para os identificares melhor. Terminada esta tarefa responde às questões da página seguinte:



Nome: _____ Idade: _____

Figura 3.17. Desenho da ficha formativa composto por um conjunto de três gravuras.

As perguntas do questionário da ficha formativa relacionadas com as três gravuras para aferir a compreensão dos alunos sobre o que pintaram foram as seguintes:

1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.
2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante.
 - 2.1. A que actividade se refere?
 - 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?
3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?
4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.
5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?
6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?

Os alunos respondem a estas perguntas na própria ficha, dado que é deixado espaço suficiente para o efeito.

3.8.1.2. Aplicação da ficha formativa a alunos do 4.º ano

Neste estudo, é implementada uma nova metodologia quase-experimental a 41 alunos do 4.º ano de escolaridade de duas escolas de diferentes concelhos, não intervencionados anteriormente. A turma experimental (turma G) é constituída por 25 alunos ao passo que a turma controlo (turma B) é constituída por 16 alunos.

3.8.1.3. Categorização

Os resultados obtidos nos questionários pré- e pós-actividade experimental foram classificados consoante o grau de correcção ou incorrecção, atendendo à resposta esperada em: Correcta (C), Incorrecta (I), Incorrecta parcialmente (Ip), Correcta mas incompleta (Ci) e, Não respondeu (Nr). Dado que as categorias (Ip) e (Ci) são de difícil interpretação

passamos a detalhar. A categoria (Ip) Incorrecta parcialmente corresponde a uma resposta do aluno que tendo parte da sua argumentação correcta por outra torna-se incorrecta ou contraditória. Ao passo que a categoria (Ci) Correcta mas incompleta é utilizada para agrupar as respostas que estando correctas são contudo incompletas ou falta a justificação, significando que o que está escrito é necessário mas não suficiente. Na Tabela 3.2 estão listadas as possíveis respostas correctas que servem de termo de referência para aplicar as categorias definidas.

Tabela 3.2. Possíveis respostas correctas às perguntas do questionário da ficha formativa.

Perguntas	Respostas
1	Sim, posso beber a água. É uma água natural não poluída.
2.1	Agricultura / Actividade agrícola.
2.2	Desenvolvimento / Crescimento mais rápido das plantas.
3	O adubo não utilizado pelas plantas pode ser arrastado para a água do rio ou para as águas do lençol freático.
4	Não. Esta água poderá estar poluída com os adubos.
5	Para desinfectar a água dos micróbios.
6	A água mais próxima da nascente é uma água natural não poluída.

3.8.2. 2.^a Fase: Criação de materiais e organização das actividades experimentais

3.8.2.1. Construção dos “Kits” e fichas de procedimentos

Com objectivo de estudar a poluição agro-química da água foi desenvolvido um “kit” a partir de materiais disponíveis para análises de água de aquário. Este “kit” (Fig. 3.18) é constituído por um conjunto de 6 ensaios para determinar a temperatura, o pH, e as concentrações de cloro, nitratos, nitritos e amónia, em amostras de água provenientes de áreas rurais (poços), de nascente, e de água canalizada para distribuição para consumo humano.



Figura 3.18. “Kit” individual formado pelo conjunto dos reagentes e materiais a utilizar por grupo.

Para esta actividade experimental foram elaboradas seis fichas de procedimentos muito simples com as diferentes etapas de execução a seguir pelos alunos.

O primeiro ensaio determina a temperatura de cada amostra de água em estudo. Para o efeito construiu-se a ficha apresentada na Figura 3.19. Nesta ficha está incluída a tabela de registo dos dados a obter nas restantes análises.

QUAL É A TEMPERATURA DA ÁGUA DA TUA AMOSTRA?

Segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo
- abre o frasco de recolha que contém a água da tua amostra

2.º passo
- agora coloca dentro do frasco o termómetro
- aproveita a borracha para pendurar o termómetro pelo bordo do frasco

3.º passo
- deixa passar dois minutos
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela



TABELA RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO GRUPO

Local ou nome da amostra	Temperatura (°C)	pH	Cloro (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Amónia (mg/l)

Figura 3.19. Ficha de procedimentos para determinar a temperatura das amostras de água e tabela de registo dos resultados.

Para determinar o pH bem como as concentrações de cloro, nitratos, nitritos e amónia construíram-se as respectivas fichas de procedimentos onde estão incluídas as escalas de leitura (Fig. 3.20 a 3.24).

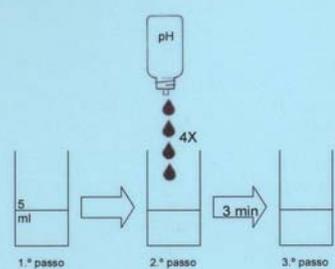
QUAL É O pH DA ÁGUA DA TUA AMOSTRA?

Observa atentamente o esquema de trabalho e segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo
- enche o tubo de ensaio com água da tua amostra até à marca de 5 ml

2.º passo
- adiciona 4 gotas do reagente de pH e agita suavemente a mistura
- deixa repousar 3 minutos

3.º passo
- agora coloca o tubo de ensaio sobre a escala de cores
- move o tubo de ensaio até a cor coincidir com a da escala
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela



ESCALA DOS VALORES DE pH

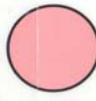
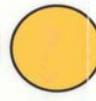
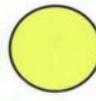
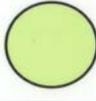
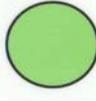
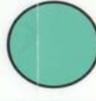
						
3	4	4,5	5	5,5	6	6,5
						
7	7,5	8	8,5	9	9,5	10

Figura 3.20. Ficha para determinar o pH nas amostras de água.

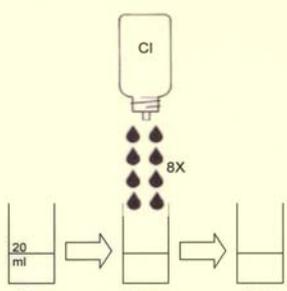
SERÁ QUE A ÁGUA DA TUA AMOSTRA TEM CLORO?

Observa atentamente o esquema de trabalho e segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo
- enche a tubo de ensaio até aos 20 ml com a água da tua amostra

2.º passo
- agora adiciona 8 gotas do reagente de Cloro, fecha o tubo de ensaio com a tampa e agita suavemente

3.º passo
- retira a tampa
- agora coloca o tubo de ensaio sobre a escala de cores
- move o tubo de ensaio até a cor coincidir com a da escala
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela



ESCALA DA CONCENTRAÇÃO DE CLORO (Cl mg/l)

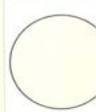
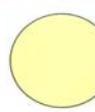
0,00	menor 0,02	maior 0,02
		

Figura 3.21. Ficha para determinar a concentração de cloro presente nas amostras de água.

SERÁ QUE A ÁGUA DA TUA AMOSTRA TEM NITRATOS?

Observa atentamente o esquema de trabalho e segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo

- com o marcador identifica um dos frascos com a letra **a** e outro com a letra **b**
- depois enche com 10 ml de água da tua amostra o frasco **a** e **b**
- o frasco **a** é rolhado e vai conter unicamente água da tua amostra durante todo o ensaio servindo esta amostra de comparação (controlo)

2.º passo

- adiciona duas colheres do reagente 1 ao frasco **b** e, de seguida, agita suavemente

3.º passo

- agora adiciona ao frasco **b** 6 gotas do reagente 2
- tapa o frasco **b** com a tampa

4.º passo

- agita fortemente durante 1 minuto
- depois deixa o frasco **b** repousar cerca de 10 minutos para que a cor possa desenvolver-se completamente

5.º passo

- agora coloca o frasco **a** no suporte cinzento de modo a que o frasco fique na extremidade cortada em **V**
- coloca o frasco **b** na extremidade lisa do suporte cinzento
- agora coloca o suporte cinzento sobre a escala de cores da concentração de nitrato (NO_3 mg/l) que está no lado oposto desta folha

vira esta página por favor...

5.º passo (continuação)

- move o suporte cinzento com os frascos sobre a escala de cores até a cor vista pelo frasco **a** coincidir com a do frasco **b**
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela

ESCALA DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO (NO_3 mg/l)

0	1	5	10	20	40	60	80	120

Figura 3.22. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de nitratos presente nas amostras de água.

SERÁ QUE A ÁGUA DA TUA AMOSTRA TEM NITRITOS?

Observa atentamente o esquema de trabalho e segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo

- com o marcador identifica um dos frascos com a letra **a** e o outro com a letra **b**
- depois enche com 5 ml de água da tua amostra o frasco **a** e **b**
- o frasco **a** é rolhado e vai conter unicamente água da tua amostra durante todo o ensaio, servindo esta amostra de comparação (controlo)

2.º passo

- adiciona ao frasco **b** 5 gotas do reagente 1

3.º passo

- agora adiciona ao frasco **b** 5 gotas do reagente 2
- tapa o frasco **b** com a tampa
- agita o frasco suavemente
- depois deixa repousar o frasco **b** cerca de 3 minutos para que a cor possa desenvolver-se completamente

4.º passo

- agora coloca o frasco **a** no suporte cinzento de modo a que o frasco fique na extremidade cortada em V
- depois coloca o frasco **b** na extremidade lisa do suporte cinzento

5.º passo

- agora coloca o suporte cinzento sobre a escala de cores da concentração de nitrito (NO_2 mg/l) que está no lado oposto desta folha

vira esta página por favor...

5.º passo (continuação)

- move o suporte cinzento com os frascos sobre a escala de cores até a cor vista pelo frasco **a** coincidir com a do frasco **b**
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela

ESCALA DA CONCENTRAÇÃO DE NITRITO (NO_2 mg/l)

0	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Figura 3.23. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de nitritos presente nas amostras de água.

SERÁ QUE A ÁGUA DA TUA AMOSTRA TEM AMÓNIA?

Observa atentamente o esquema de trabalho e segue o procedimento proposto para responderes a esta questão

1.º passo

- com o marcador identifica um dos frascos com a letra **a** e o outro com a letra **b**
- depois enche com 5 ml de água da tua amostra o frasco **a** e **b**
- o frasco **a** é rolhado e vai conter unicamente água da amostra durante todo o ensaio, servindo esta amostra de comparação (controlo)

2.º passo

- adiciona ao frasco **b** 5 gotas do reagente 1

3.º passo

- adiciona ao frasco **b** 5 gotas do reagente 2

4.º passo

- agora adiciona ao frasco **b** 5 gotas do reagente 3
- tapa o frasco **b** com a tampa
- agita o frasco suavemente
- depois deixa repousar o frasco **b** cerca de 5 minutos para que a cor possa desenvolver-se completamente

5.º passo

- agora coloca o frasco **a** no suporte cinzento de modo que fique na extremidade cortada em **V**
- coloca o frasco **b** na extremidade lisa do suporte cinzento
- agora coloca o suporte cinzento sobre a escala de cores da concentração de amónia (NH_4 mg/l) que está no lado oposto desta folha

vira esta página por favor...

5.º passo (continuação)

- move o suporte cinzento com os frascos sobre a escala de cores até a cor vista pelo frasco **a** coincidir com a do frasco **b**
- agora que encontraste o teu resultado regista-o na tua tabela

ESCALA DA CONCENTRAÇÃO DE AMÓNIA (NH_4 mg/l)

0	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0

Figura 3.24. Ficha (frente e verso) para determinar a concentração de amónia presente nas amostras de água.

Para realizar esta actividade experimental, em contexto de sala de aula, os alunos devem estar organizados em 5 grupos. Cada grupo deve ter no máximo 5 alunos, para que cada um deles possa executar pelo menos um ensaio (excluindo a determinação da temperatura). Com esta organização fica garantido que todos os alunos participam activamente na actividade global.

Os locais de colheita da água são seleccionados em função das diferenças do meio, privilegiando os poços por ser o ponto de captação de água mais comumente utilizado pela população em estudo, apesar de terem acesso à rede de abastecimento público. As colheitas das amostras foram realizadas pela professora-investigadora no dia anterior à actividade experimental.

3.8.2.2. Planificação da aula experimental

A partir da aplicação da ficha formativa seguiram-se duas vias de acção distintas em relação aos alunos dos concelhos de Barcelos e de Guimarães. Os alunos do concelho de Guimarães (turma G) (experimental) são sujeitos a uma intervenção prática que tem por finalidade o estudo da poluição agro-química da água, nomeadamente o efeito dos nitratos, nitritos, e amónia. O objectivo central desta actividade experimental é desenvolver uma proposta sobre a qualidade da água e avaliar o desempenho educativo que tal proposta promove em termos de aquisição de novas e mais alargadas competências sobre o ambiente.

Para executar as actividades experimentais efectuadas em contexto de sala de aula pela turma G, esta é dividida em cinco grupos de cinco alunos. Os grupos são individualizados por mesas separadas com todo o material a utilizar distribuído em tabuleiros, contendo o “Kit” e a amostra de água a analisar. A cada grupo são distribuídas seis fichas de procedimentos para determinar a temperatura, o pH e as concentrações de cloro, de nitratos, de nitritos e de amónia, além de um esquema gráfico que torna muito simples as diferentes etapas de execução a seguir pelos alunos. Uma tabela individual para registo dos resultados obtidos em cada ensaio e o procedimento para determinar a temperatura de cada amostra de água deve ser igualmente distribuída. A utilização das fichas de procedimentos coloridas foi um modo encontrado para que cada ensaio a executar se torne mais

perceptível à turma inteira quando se proceda ao início de uma nova análise e, por outro lado, cada cor tornava mais atractiva e despertava a curiosidade na evolução dos ensaios. Antes da actividade experimental são efectuadas recomendações e cuidados necessários a ter na manipulação dos materiais.

3.8.2.3. Organização da aula teórico-formal

Os alunos do concelho de Barcelos (turma B) (controlo) depois do diagnóstico das suas concepções acerca da compreensão da poluição agro-química, foram intervencionados sob a forma de exposição teórica-formal. Neste caso só houve clarificação de conceitos, pelo diálogo, quando suscitados pelos alunos. Neste caso o diálogo é o método utilizado como essência do processo de ensino-aprendizagem para os conteúdos contidos na ficha formativa. Consideramos assim, e neste contexto, que o ensino teórico-formal se opõe ao ensino experimental por nós realizado na outra turma. Não excluimos que nesta abordagem que há uma riqueza e potencialidades para ultrapassar as lacunas, ou as insuficiências, que os alunos mostram quanto aos seus saberes.

O diálogo como método de trabalho pedagógico pode gerar um processo favorável à inclusão de todas as crianças participantes, onde manifestam livremente todas as suas dúvidas ou conhecimentos, gerando uma dinâmica colectiva. A construção de um processo de saber não deve ser só fundamentado num diálogo em que a multiplicidade de vozes sejam explicitadas e legitimadas, mas também em que a heterogeneidade das mesmas seja marcada por uma dinâmica em que algumas vozes possam ocupar posição privilegiada para permitir o processo educativo (Wertsch, 1993).

3.8.2.4. Avaliação

A avaliação das aprendizagens foi efectuada através da aplicação da ficha formativa pós-ensaio quer na turma G quer na turma B. Os resultados obtidos foram classificados de acordo com o já definido em 3.8.1.3.

3.9. Estrutura da parte empírica deste estudo

Para uma melhor compreensão dos 3 estudos empíricos realizados durante este trabalho, bem como dos resultados obtidos (ver Capítulo 4), apresentamos de seguida o esquema síntese das diferentes fases desenvolvidas e as suas interrelações.

Uso Sustentável da Água: Actividades Experimentais para a Promoção e Educação Ambiental no Ensino Básico			
Estudo 1 – Análise de manuais			
1.º Ciclo	2.º Ciclo		3.º Ciclo
1.º ano: Estudo do Meio 2.º ano: Estudo do Meio 3.º ano: Estudo do Meio 4.º ano: Estudo do Meio	5.º ano: Ciências da Natureza. Partes 1 e 2 6.º ano: Ciências da Natureza. Partes 1 e 2		7.º ano: <i>Planeta Vivo. Terra no Espaço. Terra em transformação</i> 8.º ano: Ciências Naturais 9.º ano: Espaço Mundial – Geo
Parâmetros comuns de análises			
Ciclo do uso da água	Causas da poluição da água	Consequências da poluição da água	Tratamentos/soluções para a despoluição da água
Correlação dos conteúdos dos manuais com o Currículo Nacional vigente (e anteriores)			
1.º Ciclo	2.º Ciclo		3.º Ciclo
1990 – <i>Reforma Educativa, Programa do 1.º Ciclo do Ensino Básico</i> 2001 – <i>Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais</i>	1991 – <i>Programa de Ciências da Natureza. 2.º Ciclo do Ensino Básico</i> 2001 – <i>Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais</i>		1991 – <i>Organização Curricular e Programas. 3.º Ciclo do Ensino Básico</i> 2002 – <i>Orientações Curriculares – Ciências Físicas Naturais. 3.º Ciclo do Ensino Básico</i>

Estudo 2 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água									
1.ª Fase				2.ª Fase		3.ª Fase			
Levantamento das concepções alternativas						Criação de materiais e organização das actividades experimentais			
Estudo piloto				Generalização do estudo					
Construção das fichas de trabalho	Aplicação das fichas de trabalho a alunos do 4.º ano	Categorização <i>a posteriori</i>	Validação	Aplicação das fichas de trabalho a alunos do 1.º, 2.º e 3.º anos	Categorização	Construção da mini-depuradora (ETA)	Construção da maquete	Planificação do diálogo	Filme sobre ETAR

Estudo 2 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água (cont.)							
4.ª Fase (em contexto de sala de aula)							
Levantamento das concepções alternativas			Intervenção pedagógica				Avaliação
Aplicação das fichas de trabalho a alunos do 3.º ano (antigo 2.º ano)	Aplicação das fichas de trabalho a alunos do 4.º ano	Categorização	Utilização da mini-depuradora (ETA)	Exploração da maquete	Diálogo	Visionamento do filme sobre ETAR	Aplicação das fichas de trabalho aos alunos do 3.º e 4.º anos

Estudo 3 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre a poluição agro-química						
1.ª Fase			2.ª Fase			
Levantamento das concepções alternativas			Criação de materiais e organização das actividades lectivas			
Construção da ficha formativa	Aplicação da ficha formativa a alunos do 4.º ano		Categorização	Construção dos kits e fichas de procedimentos	Planificação da aula experimental	Organização da aula teórico-formal
	Turma B (controlo)	Turma G (experimental)			Turma G (experimental)	Turma B (controlo)

Estudo 3 – Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o a poluição agro-química (cont.)			
3.ª Fase		4.ª Fase	
Intervenção pedagógica		Avaliação	
Aula experimental	Aula teórico-formal		Aplicação da ficha formativa aos alunos das duas turmas do 4.º ano
Turma G (experimental)	Turma B (controlo)		

CAPÍTULO 4

Resultados e Discussão

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos nas diferentes fases do trabalho efectuado: 1) análise dos manuais e correlação com o Currículo Nacional; 2) componente experimental desenvolvida em contexto de sala de aula.

4.1. Resultados do estudo 1: análise dos manuais

O primeiro parâmetro de análise incidiu sobre o ciclo do uso da água nas vertentes doméstica, industrial e agro-pecuária, nos manuais de Estudo do Meio (Fig. 4.1) dos quatro primeiros anos de escolaridade que constituem o 1.º Ciclo do Ensino Básico.



Figura 4.1. Capas dos quatro manuais analisados do 1.º Ciclo do Ensino Básico: 1º ano (Freitas, 1999); 2º ano (Freitas, 2000); 3º ano (Neto, 2002a); 4º ano (Neto, 2002b).

Nos dois primeiros anos de escolaridade do 1.º Ciclo do Ensino Básico não são abordadas questões ambientais, facto que só se verificou no 3.º ano. Ao longo dos 4 anos nenhum conteúdo relacionado com o ciclo do uso da água foi encontrado.

4.1.1. 1.º Ciclo do Ensino Básico

3.º Ano

A problemática ambiental, como acabamos de referir, é iniciada no 3.º ano de escolaridade ao nível das causas e consequências da poluição, assim como algumas referências à solução para os impactes causados pelas mesmas. Esquematizando a análise efectuada ao manual do 3.º ano, pode observar-se na Tabela 4.1 os conceitos presentes no mesmo.

Tabela 4.1. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Estudo do Meio do 3.º ano (Neto, 2002a).

Poluição da Água				
Contexto	Causas	Consequências	Soluções	
Actividades económicas	Agricultura	Produtos químicos (adubos, pesticidas, herbicidas, ...) utilizados na agricultura;	Infiltração no solo e contaminação das águas subterrâneas, afectação da saúde e consequentes doenças;	
	Factores que afectam as espécies aquáticas	Exploração pecuária;	Infiltração no solo, contaminação das águas subterrâneas e factor de doenças quando ingerida de fontes e poços contaminados;	
	Exploração mineral	Esgotos de casas e de fábricas;	Matam seres vivos aquáticos;	
	Indústria	Produtos químicos utilizados na exploração de minérios e rochas;	Contaminam cursos de água (rios, ribeiros);	
		Detritos e produtos químicos industriais lançados na água;	Matam os seres vivos que dela dependem;	
	Lixos industriais despejados em lixeiras;	Contaminam as águas subterrâneas, rios, mar,....	Tratamento de águas residuais, antes de serem lançadas nos rios;	

Os conteúdos abordados na Tabela 4.1 estão integrados no Bloco VI, À *Descoberta das Inter-relações entre a Natureza e a Sociedade*, no contexto da agricultura, criação de gado e exploração mineral do meio local e indústria.

Alguns dos temas tratados no 3.º ano são recorrentes no 4.º ano e apresentam uma sequencialidade de conteúdo. Relativamente ao tratamento/soluções da poluição da água tem uma informação quase inexistente.

4.º Ano

A análise efectuada ao manual do 4.º ano foi idêntica à anterior, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Estudo do Meio do 4º ano (Neto, 2002b).

Poluição da Água			
Contexto	Causas	Consequências	Soluções
Actividades Económicas A qualidade do ambiente/A qualidade da água	Escapes de veículos motorizados e chaminés das fábricas;	Chuvas ácidas e consequente contaminação dos mares, rios, lagos, ... matando toda a vida aquática;	Reduzir quantidade de gases libertados e recurso a energias limpas;
	Lixo das embarcações e descargas de esgotos não tratados em localidades junto ao mar;	Contamina o mar;	
	Lavagem dos tanques de navios, plataformas de extracção de petróleo e acidentes com petroleiros;	Contaminam o mar com o petróleo, provocam marés negras e a morte dos seres vivos aí presentes;	
	Esgotos domésticos e produtos químicos indústrias sem tratamento (♦);	Poluição dos rios e morte dos seres vivos aí presentes;	Tratar e despoluir; Limpar rios e poços;
	Rios poluídos;	Contaminam o mar;	
	Tambores (bidões) com resíduos nucleares despejados no mar;	Altamente perigosos;	
	Aduos e pesticidas utilizados na agricultura (♦);	Infiltração e contaminação das águas subterrâneas;	Reduzir a quantidade adubos, pesticidas e herbicidas; Agricultura biológica;
Produtos químicos utilizados na exploração de minas e pedreiras a céu aberto (♦);	Contaminação dos cursos de água;		

(♦) Conceitos recorrentes e sequenciais

Pela análise da Tabela 4.2 os temas recorrentes e sequenciais são: esgotos domésticos e produtos químicos industriais, adubos e pesticidas utilizados na agricultura, e produtos químicos utilizados na exploração mineral. As soluções apresentadas são mais amplas do que as apresentadas no 3.º ano, mas claramente insuficientes por não cobrirem todos os conteúdos abordados no manual como causas e consequências da poluição.

Quanto ao nível de aprofundamento dos conteúdos é insuficiente porque o manual do 3.º ano analisado limita-se a frases de carácter informativo e algumas imagens ilustrativas sem qualquer desenvolvimento explicativo do porquê da poluição, ou seja, o processo dessa interacção contaminante. A título de exemplo, transcrevem-se integralmente algumas frases assim como se inserem imagens (Fig. 4.2 e 4.3) representativas dos conteúdos analisados do manual do 3.º ano:

- soluções/tratamento – *tratamento das águas residuais (cheias de resíduos) que vêm das fábricas, antes de se lançarem nos rios, ...*
- *os lixos das fábricas são despejados em lixeiras, contaminando as águas subterrâneas, dos rios, do mar...*

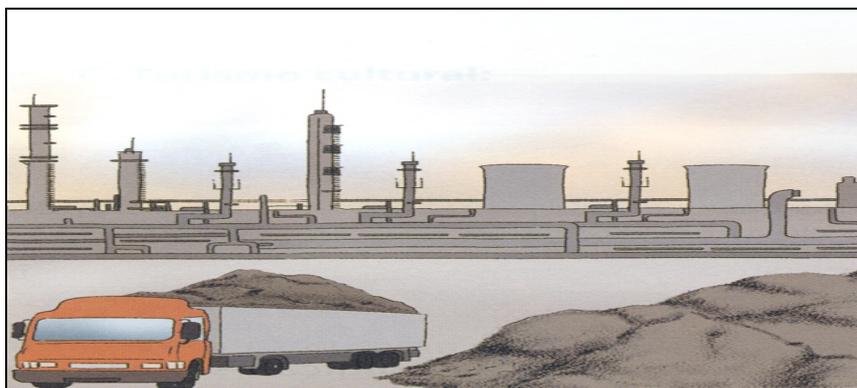


Figura 4.2. Os lixos das fábricas são despejados em lixeiras, contaminando as águas subterrâneas, dos rios, do mar... (Neto, 2002a).

- *os cursos de água (rios, ribeiros, ...) são contaminados pelos produtos químicos utilizados na exploração das rochas e minérios.*

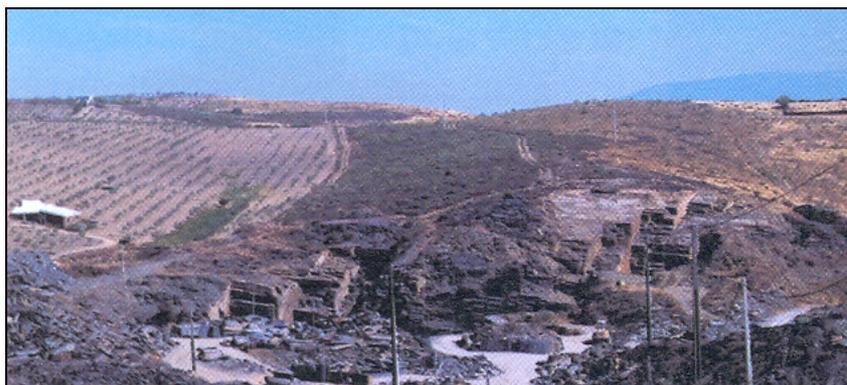


Figura 4.3. Pedreira de xisto em Vila Nova de Foz-Côa (Neto, 2002a).

Relativamente ao manual do 4.º ano os problemas já anteriormente enunciados mantêm-se os mesmos, excepto no que concerne ao conceito “*Chuvas Ácidas*”, dado que este aborda todas as suas implicações a nível geral. A título ilustrativo, transcreve-se só a parte relativa à água:

Os escapes dos veículos com motor (motas, automóveis, camiões...) e as chaminés das fábricas enchem a atmosfera de gases que se combinam com o vapor de água existente no ar, originando ácidos. Quando chove, cai granizo ou neva ou quando há nevoeiro, esses ácidos caem na Terra, formando as chuvas ácidas. Se as chuvas ácidas caírem na água dos mares, rios, lagos... provocam a morte dos peixes, das plantas aquáticas... (Neto, 2002b).

Além deste pequeno texto, aparece neste manual uma experiência prática cujo objectivo é observar o efeito das chuvas ácidas nas plantas. De notar que esta experiência não está articulada com o efeito das chuvas ácidas provocar a morte dos peixes e das plantas aquáticas, ou seja, do mundo aquático passa-se para uma experiência ligada ao mundo terrestre, onde na realidade os efeitos das chuvas ácidas são mais drásticos e visíveis. Refira-se que é a única actividade experimental existente nos dois manuais analisados.

Ainda no 4.º ano, os temas da poluição foram inseridos na divisão 3, *O Dinamismo das Inter-relações entre o Natural e o Social*, no contexto das actividades económicas e da qualidade do ambiente.

4.1.2. 2.º Ciclo do Ensino Básico

Os manuais do 5.º ano (Motta *et al.*, 2002a) e 6.º ano (Motta *et al.*, 2002b) constituem uma pequena obra, dado que para cada um dos anos de escolaridade estão subdivididos em dois livros, denominados Parte 1 e Parte 2.

5.º Ano

No 5.º ano de escolaridade, o conteúdo a analisar encontra-se na Parte 2 do manual (Motta *et al.*, 2002a). Este manual, começa por indicar a proveniência e as características da água para consumo humano, referindo que a sua utilização directa pode ser perigosa, dado que pode conter resíduos, microrganismos e substâncias tóxicas. Começa, portanto, com um alerta à necessidade de um tratamento antes do consumo. Não aponta o tratamento como solução mas como condição imprescindível à obtenção de água com qualidade para consumo humano, ou seja, o tratamento é considerado um factor de segurança antecipado ao consumo seja qual for a origem. Por tal facto, na Tabela 4.3 não está indicado o tratamento como solução.

Os aspectos abordados na Tabela 4.3, estão inseridos no tema geral, A Água, o Ar, as Rochas e o Solo – Materiais Terrestres Suportes de Vida, e nos subtemas: Qualidade e conservação da água, Tratamento da água e A água e as actividades humanas – Poluição da água. Pela leitura da Tabela 4.3, e comparando os resultados obtidos com os da Tabela 4.2, pode concluir-se que há uma recorrência e sequencialidade de conteúdos (58,3%) entre o 4.º e o 5.º ano de escolaridade, logo entre o 1.º e 2.º Ciclo do Ensino Básico. Os conteúdos apresentam um maior nível de desenvolvimento/aprofundamento, apesar da experimentação prática ser insuficiente neste âmbito. É um manual que estabelece uma transição de conteúdos adequados à ligação entre Ciclos.

Tabela 4.3. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual do 5.º ano – Parte 2 (Motta *et al.*, 2002a).

Poluição Hídrica			
Contexto	Causas	Consequências	Soluções
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">A Água, o Ar, as Rochas e o Solo – Materiais Terrestres Suportes de Vida</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Qualidade e conservação da água, Tratamento da água e Água e as actividades humanas – Poluição da água</p>	Contaminação química industrial (ácidos, chumbo, mercúrio, etc.) (◆);	Poluição hídrica e acidentes ambientais graves;	
	Metais pesados e compostos usados em tintas, plásticos, baterias e curtumes;	Contaminação superficial e subterrânea;	
	Refinarias, indústria farmacêutica, fabrico de pasta de papel e indústria alimentar (compostos orgânicos sintéticos);	Contaminação superficial e subterrânea;	
	Esgotos domésticos com doses maciças de detergentes e produtos de limpeza (◆);	Ameaça à vida aquática;	Combate à poluição restringindo o uso exagerado de detergentes;
	Lixo ou esgotos domésticos contendo micróbios perigosos sem tratamento;	Contaminação biológica da água; Contaminam as fontes de água doce;	
	Adubos e pesticidas utilizados na agricultura (◆);	Contaminam os rios pelo arraste da água das chuvas;	Redução dos nitratos; Agricultura biológica;
	Rios poluídos (◆);	Contaminação dos oceanos;	
	Derramamento de petróleo por acidentes com petroleiros e lavagem propositada dos seus tanques (◆);	Contaminação dos oceanos e vida marinha afectada, desde as algas às aves e outros seres vivos, e morte;	
	Crescimento demográfico e urbanístico;	Aumento da poluição;	Prevenção e cumprimento das normas de tratamento; Existência de infra-estruturas de recolha e tratamento dos efluentes;
	Gases tóxicos (dióxidos de enxofre e óxidos de azoto) lançados pelas chaminés das indústrias e fumo dos escapes automóveis (monóxido de carbono) (◆);	Formação de chuvas ácidas e consequente contaminação dos rios, dos lagos, etc.; Alteração da vida aquática;	Redução de combustíveis fósseis e utilizar energias alternativas;
Extracção de minérios (◆);	Contaminação superficial e das águas subterrâneas;		
Estações termoeléctricas;	Descargas de água a temperaturas elevadas;		

(◆) Conceitos recorrentes e sequenciais

O manual além de indicar um dos processos de tratamento que envolve a floculação, decantação, filtração e cloração, ainda especifica cada uma destas fases. Refere ainda que após o tratamento, a água é armazenada em recipientes próprios para posterior distribuição. Concretizando tudo o que foi dito, o manual apresenta uma gravura (Fig. 4.4) das diferentes fases no tratamento da água, desde a captação ao armazenamento (depósito de água), ou seja, até à obtenção de água com qualidade para consumo humano. Conclui-se, por isso, que parte do ciclo do uso da água está perfeitamente identificado, caracterizado e desenvolvido.



Figura 4.4. Esquema simplificado de algumas etapas do tratamento da água numa ETA (Estação de Tratamento de Água) existente no manual do 5.º ano - Parte 2 (Motta *et al.*, 2002a).

A Tabela 4.3 enumera as diferentes causas e consequências da poluição da água. Há um apelo à necessidade de conservação da água porque esta é considerada um recurso limitado. Neste sentido, procura-se compatibilizar a crescente procura de água para o consumo humano e actividades económicas com a prevenção da poluição desta.

O manual utiliza a denominação “*Ciclo das águas residuais domésticas*”, referindo-o do modo seguinte: “*A água suja de tua casa é encaminhada para uma estação de tratamento onde lhe são retiradas substâncias perigosas. Depois é devolvida aos rios e transportada para o mar. Uma parte evapora-se e forma as nuvens. A água da chuva enche as albufeiras que nos abastecem de água*” (Motta *et al.*, 2002a). Simultaneamente, o manual apresenta uma imagem (Fig. 4.5) representativa deste percurso. De notar que o ciclo do uso

da água está interligado com o ciclo hidrológico sem haver clara distinção entre os dois ciclos. Adicionalmente, o reservatório da água na ETA (Fig. 4.4) está representado por uma estação elevatória ao passo que na Figura 4.5 o reservatório da água é uma albufeira donde sai directamente a água para as actividades domésticas. Este hiato na ligação das partes do ciclo do uso da água poderá constituir um sério obstáculo de aprendizagem de natureza didáctica para os alunos, caso o professor não estiver consciente desta dificuldade e por consequência não trabalhar com os alunos este aspecto.

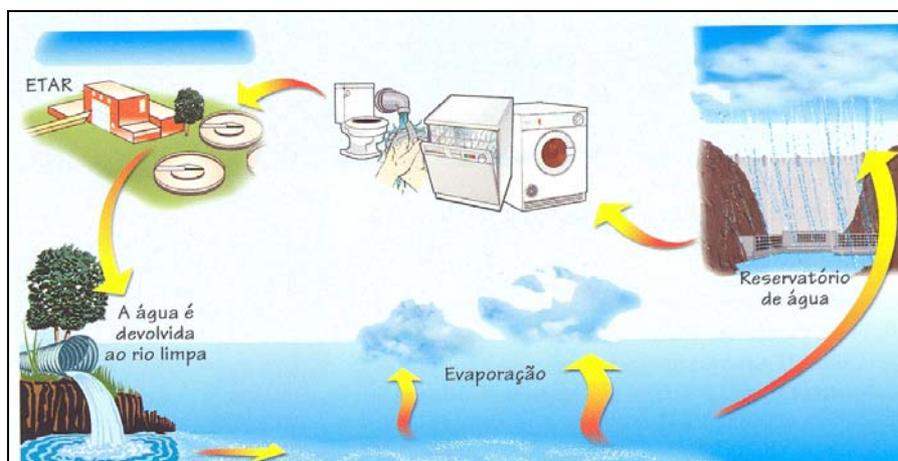


Figura 4.5. Ciclo das águas residuais domésticas (Motta *et al.*, 2002a).

Finalmente, o manual desenvolve o “*Ciclo dos efluentes industriais*” porque estes são “*frequentemente responsáveis por acidentes ambientais graves, uma vez que contêm concentrações elevadas de produtos químicos, que o ambiente não consegue eliminar*” (Motta *et al.*, 2002a). O manual continua a enumerar todos os poluentes de origem industrial que afectam o ambiente. Deixa bem claro que seja qual for a origem dos efluentes, têm de ser tratados em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que promovem o seu tratamento por processos físicos, químicos e biológicos.

O manual analisado (Motta *et al.*, 2002a) emprega, como em nenhum dos outros (Motta e Viana, 1999; Motta *et al.*, 2002b; Silva *et al.*, 2002; Santos e Lopes, 2001), o termo ciclo. Assim, apresenta “*Ciclo das águas residuais domésticas*” e “*Ciclo dos efluentes industriais*”. Dá, por isso, uma noção exacta da captação, tratamento, utilização-tratamento-reutilização ou devolução à Natureza. O aluno ficará com uma noção do

carácter cíclico da utilização da água. Sendo este manual aquele que melhor aborda o ciclo do uso da água, pelo que já foi criticado anteriormente, ele não está intencionalmente organizado para que pedagogicamente se consolide este conceito.

Ao nível da componente prática é sugerido aos alunos adquirirem outro manual. Dado os custos associados a esta proposta, bem como a ausência desta aquisição pela generalidade dos alunos, concluiu-se ser um aspecto negativo a apontar à organização geral deste manual.

Da análise efectuada podemos concluir que o primeiro cuidado a ter com a água é o tratamento, seja qual for a sua origem. O tratamento aparece como uma necessidade antecipada ao consumo, factor essencial da qualidade da água e de segurança para a saúde. Como segundo ponto está referido a conservação. Para que haja conservação da água é necessário que sejam observadas as seguintes regras: combate à poluição pela restrição do uso de produtos mais poluentes, economizar a água e promover o tratamento. Embora não expresse, a conservação e o tratamento conduzem naturalmente ao uso sustentável da água. Esquematizando os conteúdos mais significativos do manual do 5.º ano analisado (Motta *et al.*, 2002a), apresentamos o esquema da Figura 4.6, respeitando a sequência com que os mesmos aparecem.

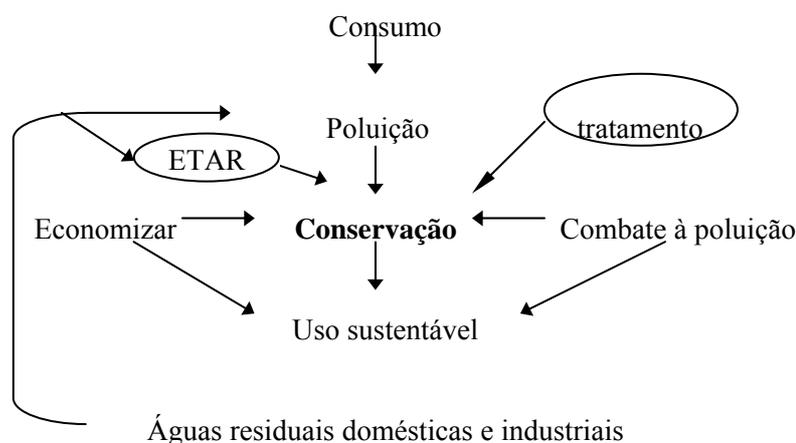


Figura 4.6. Esquema da ordem sequencial dos conteúdos do manual do 5.º ano.

6.º Ano

Na Parte 1 do manual do 6.º ano (Motta *et al.*, 2002b) nada é referido sobre os parâmetros em análise. Na Parte 2 há uma breve referência à poluição em geral, com carácter informativo, no contexto da *Higiene e Problemas Sociais*, dedicando duas páginas em texto e imagem. Cita-se, portanto, o conteúdo aí expresso: “lançar lixo para o rio é ainda comum em algumas zonas do país. Além de contribuir para o desenvolvimento de micróbios é responsável pela morte de muitos organismos aquáticos”. Inserido no grupo “Higiene e problemas sociais”, subtema “Poluição”, refere que “a poluição produz grande quantidade de substâncias poluidoras que afectam gravemente o planeta, alterações dos ecossistemas, provocam doenças, produzem malformações nos fetos e inclusivamente são responsáveis pela morte dos seres vivos e que substâncias poluentes afectam a água” (Motta *et al.*, 2000b).

Pelo exposto, no que concerne ao ciclo do uso da água, pode concluir-se que os conteúdos do 6.º ano não estabelecem uma relação sequencial, recorrente e, muito menos, de aprofundamento. Há, por isso, um desfasamento e quebra de continuidade entre o 5.º e 6.º ano que constituem o 2.º Ciclo do Ensino Básico.

4.1.3. 3.º Ciclo do Ensino Básico

7.º Ano

O manual do 7.º (Silva *et al.*, 2002) nada refere sobre os parâmetros de análise em causa.

8.º Ano

O manual do 8.º ano (Motta e Viana, 1999) nada refere sobre o conteúdo em análise. Há, portanto, um hiato na sequencialidade de conteúdos no que concerne à problemática ambiental.

9.º Ano

Como já referimos anteriormente no Capítulo 3, neste ano as Ciências Naturais não constam do plano curricular, optou-se por analisar a disciplina de Geografia dado esta estar estritamente relacionada com o ambiente. O manual (Santos e Lopes, 2001) analisado aborda, para além dos conteúdos específicos desta área, os problemas ambientais a nível

local, nacional e global. De seguida apresentam-se os resultados obtidos à análise efectuada (Tabela 4.4).

Tabela 4.4. Causas e consequências da poluição e soluções contidas no manual de Geografia do 9.º ano (Santos e Lopes, 2001).

Poluição da Água			
Contexto	Causas	Consequências	Soluções
A Terra, um Planeta Frágil	Poluição atmosférica	Poluição atmosférica provocada pelos fumos industriais (libertação de dióxido de enxofre e óxido de azoto) e dos transportes;	Chuvas ácidas nos países mais desenvolvidos e consequente contaminação das águas;
	Poluição das águas interiores	Actividade humana (doméstica, industrial, agro-pecuária); Descargas de grandes quantidades de efluentes, sobretudo fósforo e azoto, em lagos;	Contaminam os principais pontos de captação para abastecimento (cursos de água, lagos e aquíferos subterrâneos); Fenómenos de eutrofização em rios e lagos, transformando estes em pântanos e consequente morte dos seres vivos aí presentes;
	Aquíferos subterrâneos	Poluição da água;	Impede a sua utilização ou coloca em risco o seu aproveitamento futuro; Afecta a população mundial;
	Poluição dos litorais e das águas exteriores	Infiltração de produtos químicos agrícolas, dejectos e substâncias químicas existentes nas rações pecuárias, efluentes industriais líquidos, fertilizantes (essencialmente nitratos), infiltração de águas de escorrência;	Contaminação da toalha freática;
		Expansão urbanística e algumas actividades económicas (indústria e turismo);	Crescente aumento dos níveis de poluição costeira;
		Rios poluídos com substâncias de origem natural ou antropogénica;	Principais vias de comunicação dos oceanos;
		Derrame de crude, resultante de descargas, lavagem de tanques ou acidentes com petroleiros;	Contaminam as águas oceânicas, provocam desequilíbrios ecológicos, originam marés negras e afectam a produtividade biológica nos oceanos, isto é, a captura de peixe; afecta as praias e o turismo balnear;
	Resíduos tóxicos e radioactivos (resíduos acondicionados, reactores de propulsão naval, armas perdidas, restos de satélites, cargas perdidas e submarinos acidentados).	Contaminam o fundo dos oceanos.	

Na Tabela 4.4, os parâmetros abordados estão inseridos no tema geral *A Terra, um planeta frágil*. O manual começa por referir os factores que contribuem para a formação das chuvas ácidas e as zonas da sua maior incidência. De seguida, imputa ao Homem, nas suas múltiplas actividades, a responsabilidade de poluir os cursos de água, lagos e aquíferos subterrâneos que são, por excelência, os pontos de captação de água para abastecimento das populações. Indica ainda que a descarga de grandes quantidades de efluentes provoca fenómenos de eutrofização. Mais, refere que a poluição coloca em risco o aproveitamento futuro da água e afecta as pessoas em todo o mundo, com maior impacte nos países mais pobres. Também a actividade industrial e agro-pecuária têm uma elevada quota de responsabilidade na contaminação da toalha freática. Não menos importante assume a pressão urbanística, nas múltiplas variáveis, exercida na poluição da orla costeira e à preocupante contaminação marítima. O mar é, por excelência, o grande receptor de todos os produtos finais da actividade natural e humana.

Da análise efectuada ao manual de geografia do 9.º ano podemos concluir que enumera desenvolvidamente um elevado número de factores que contribuem para a poluição das águas interiores, dos aquíferos subterrâneos, dos litorais e das águas exteriores e a poluição atmosférica originando as chuvas ácidas. Coloca o Homem como o principal responsável pela poluição da água, pondo em causa a sua utilização futura. Apesar de indicar as causa e consequências da poluição não refere nenhuma solução para conter ou reduzir os impactes poluidores exercidos na água.

4.1.4. Interligação entre o currículo e o conteúdo dos manuais

O Programa Curricular de Estudo do Meio (Ministério da Educação, 1990) apresenta-se organizado em blocos de conteúdos antecidos de um texto introdutório onde é definida a sua natureza e são dadas algumas indicações de carácter metodológico. O mesmo refere que é no confronto com os problemas concretos da comunidade do aluno e na pluralidade das opiniões nela existentes que os alunos vão adquirindo a noção da responsabilidade perante o ambiente, a sociedade e a cultura em que se inserem, compreendendo gradualmente o seu papel de agentes dinâmicos nas transformações da realidade envolvente.

Um dos objectivos gerais (de entre os seis constantes) preconiza a utilização de alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões e problemas, avançar possíveis respostas, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente pesquisa e experimentação. Este objectivo abrangente e fundamental conduz a um amplo desenvolvimento da prática educativa, baseada essencialmente na verificação e experimentação, dando suporte e consolidação à parte teórica, apesar de deficitária, contida nos manuais. De facto, a experimentação não é linha condutora da aprendizagem nos manuais escolares, antes pelo contrário, é inexistente e o conteúdo programático resume-se a frases simples, afirmando o que é, sem explicar o processo.

O Programa inicia a problemática ambiental no 3.º ano de escolaridade com o bloco, *À Descoberta das Inter-relações entre a Natureza e a Sociedade*. Neste bloco constam nove temas a considerar e os subtemas a desenvolver, enumerando-se seguidamente os que estão relacionados com o presente estudo:

3.º ano

*1⁴⁵ – *A agricultura do meio local – identificar alguns perigos para o homem e para o ambiente resultantes do uso de produtos químicos na agricultura (cuidados a ter com o uso dos pesticidas, herbicidas, adubos químicos...);*

*2 – *A criação de gado do meio local – identificar alguns problemas de poluição provocados pela criação de gado;*

*5 – *A exploração mineral do meio – identificar alguns perigos para o homem e para o ambiente decorrentes da exploração mineral (poluição provocada pelas pedreiras, silicose dos mineiros...).*

*6 – *A indústria do meio local – reconhecer as indústrias como fontes de poluição (atmosférica, aquática, sonora...).*

⁴⁵ Os asteriscos que antecedem os números significam, como consta no programa, que só devem ser dados esses conteúdos se a realidade local o justificar.

4.º ano

Para este ano de escolaridade o Programa não refere um título geral que abranja os dois temas em que está dividido, sendo o segundo ponto:

- A qualidade do ambiente/qualidade da água – reconhecer algumas formas de poluição dos cursos de água e dos oceanos (esgotos, efluentes industriais, marés negras...).

O Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais (Ministério da Educação, 2001) para as Ciências Físicas e Naturais, teve por base o Programa Curricular de Estudo do Meio (Ministério da Educação, 1990), estabelece uma sequencialidade de conteúdos entre os diferentes ciclos em torno de quatro temas organizadores: 1) Terra e espaço, 2) Terra em transformação, 3) sustentabilidade na Terra, e 4) viver melhor na Terra. Os quatro temas gerais pressupõem uma coerência conceptual e metodológica que tem subjacente a ideia estruturante esquematizada na Figura 4.7.

As setas que ligam o esquema estabelecem uma interacção entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, que devem fundamentar-se em opções de ordem social e ética e no conhecimento científico sobre a dinâmica das relações e interacções que caracterizam o mundo natural e as suas repercussões na saúde e bem-estar social. Pressupõe-se, portanto, uma intervenção humana crítica e reflectida, conducente a um desenvolvimento sustentável, cujo objectivo último é *Viver melhor na Terra*.

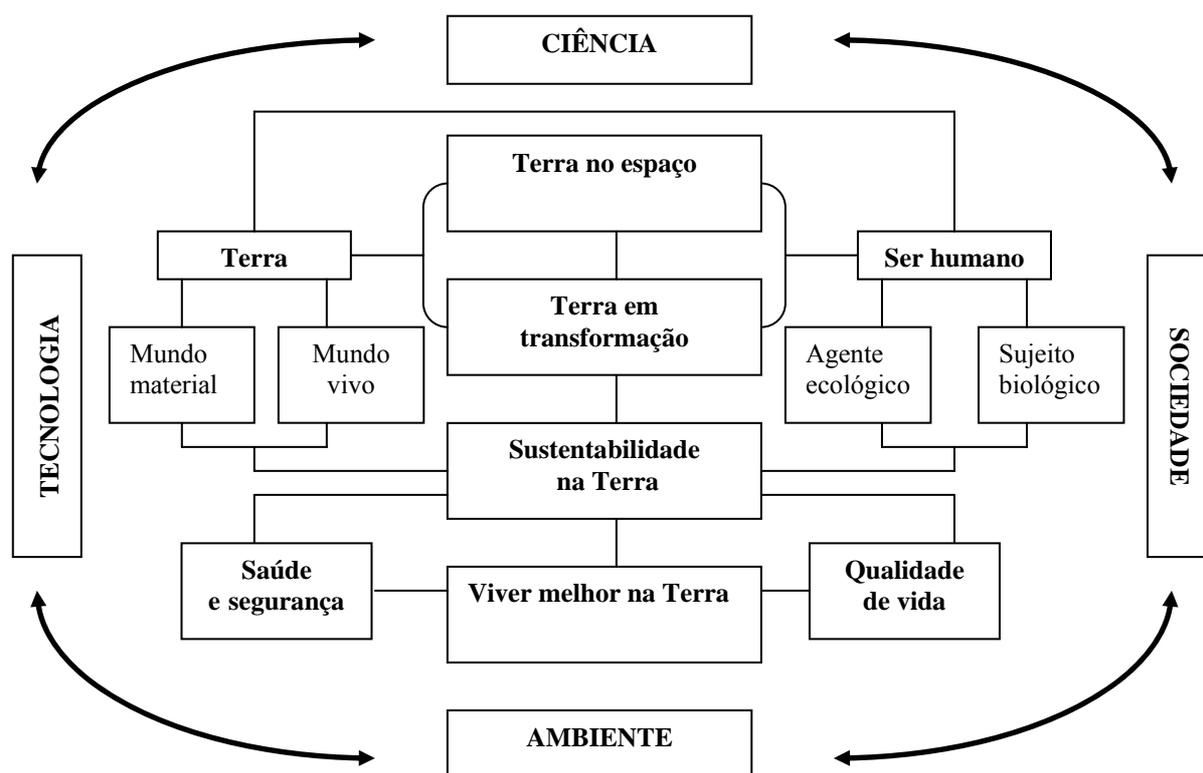


Figura 4.7. Esquema organizador dos quatro temas gerais a desenvolver no Ensino Básico (Adaptado do Ministério da Educação, 2001).

No terceiro tema – Sustentabilidade na Terra – pretende-se que os alunos tomem consciência da importância de actuar ao nível do sistema Terra, de forma a não provocar desequilíbrios, contribuindo para a gestão regrada dos recursos existentes. No âmbito deste tema são definidos, entre outros:

- *reconhecimento de situações de desenvolvimento sustentável em diversas regiões;*
- *reconhecimento que a intervenção humana na Terra afecta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e coloca questões de natureza social e ética;*
- *compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra.*

Só o terceiro tema está relacionado com a análise efectuada, estruturando-se ao nível do Ensino Básico do modo esquematizado na Figura 4.8:

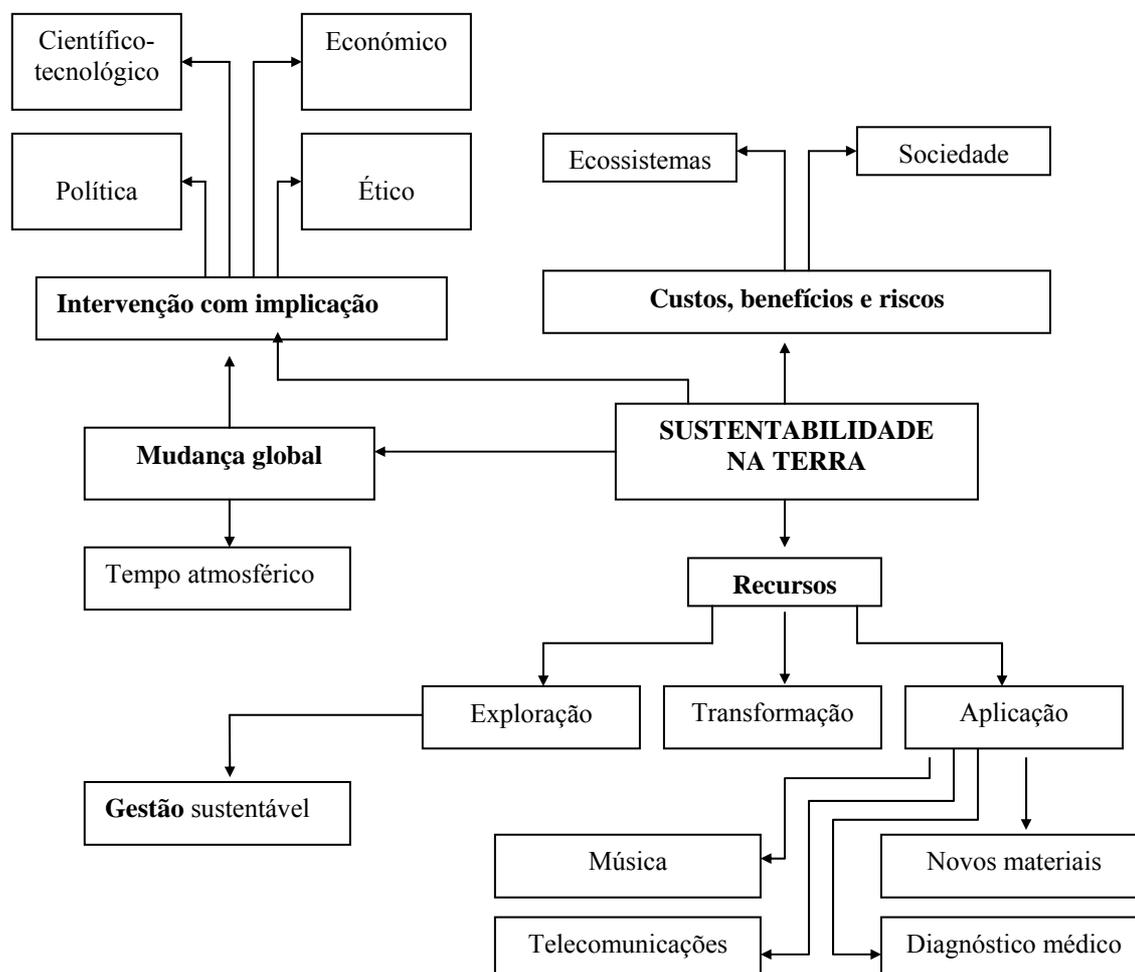


Figura 4.8. Esquema organizador do tema *Sustentabilidade na Terra* (Ministério da Educação, 2001).

Relativamente ao 1.º Ciclo, o esquema da Figura 4.8 pode sugerir, atendendo aos tópicos constantes, uma abordagem muito desenvolvida e actualizada, mas analisando os diferentes fases subsequentes só uma está relacionada com a sustentabilidade na Terra – *reconhecimento que os desequilíbrios podem levar ao esgotamento dos recursos, à extinção das espécies e à destruição do ambiente.*

O ciclo do uso da água, primeiro parâmetro analisado, não é um tema considerado, quer ao nível curricular quer ao nível dos manuais, excepto no 5.º ano de escolaridade. Poderá supor-se que está implícito na gestão sustentável dos recursos mas não é referido. Deveria

ser a base de partida dos conteúdos para demonstrar a sua escassez e imprescindibilidade na vida, na economia e no desenvolvimento.

A experimentação não é sugerida, quer nos manuais escolares quer no Currículo Nacional, apesar da relevância que é dada à Ciência, e então deve ser entendida como puramente teórica. Nas competências essenciais para o 1.º Ciclo, não são sugeridas actividades experimentais, apenas que *“poderão pesquisar casos de degradação do ambiente... e propor soluções de intervenção ao seu alcance para melhorar os problemas detectados”* (Ministério da Educação, 2001).

As Competências Específicas em Ciências Físicas e Naturais para o 2.º Ciclo, definidas no Currículo Nacional do Ensino Básico (Ministério da Educação, 2001), de entre as mais significativas, referem-se as seguintes:

- *compreensão de como a intervenção humana na Terra pode afectar a qualidade da água, do solo e do ar, com implicações para a vida das pessoas;*
- *discussão da necessidade dos recursos hídricos e geológicos de uma forma sustentável dos recursos;*
- *planificação e implementação de acções visando a protecção do ambiente, a preservação do património e o equilíbrio entre a natureza e a sociedade.*

Para a consecução destas competências, supõe-se que os professores envolvam os alunos em tarefas como a análise de processos industriais, quer de purificação da água quer ligados a qualquer actividade industrial susceptíveis de ter impactes positivos ou negativos na água. Para atingir estes objectivos é necessário sair da escola e não estar confinado às quatro paredes de uma sala. Privilegiar a observação da realidade porque só assim os alunos estarão sensibilizados para analisar e discutir o impacte resultante dos diferentes efluentes do seu meio envolvente e reflectir sobre a correcção ou incorrecção do seu próprio comportamento, podendo, naturalmente, melhorar as suas atitudes e valorizar a sua relação com o ambiente.

O manual do 5.º ano analisado está de acordo com as competências constantes no Currículo Nacional ao passo que o manual do 6.º ano está totalmente desfasado. Isto,

porque as questões relacionadas com a água não são recorrentes, sequenciais e significativamente mais desenvolvidas, como seria de esperar, mas sim ignoradas.

As Competências Específicas comuns para o Ensino Básico (Ministério da Educação, 2001), estruturadas consoante a Figura 4.7, não se traduzem num ensino em que as Ciências são apresentadas de forma compartimentada, com conteúdos desligados da realidade e sem uma verdadeira dimensão global e integrada.

Alguns dos objectivos gerais das Ciências Naturais constantes na Organização Curricular e Programas (Ministério da Educação, 1991) do 3.º Ciclo são:

- *compreender a necessidade de uma gestão racional dos recursos naturais;*
- *identificar problemas ambientais com vista a uma intervenção eficiente na prevenção da Natureza;*
- *situar-se no “quadro” das transformações ambientais causadas pelo homem.*

As Competências Essenciais (Ministério da Educação, 2001) em Ciências Naturais para o 3.º Ciclo definidas no Currículo Nacional, de entre as relacionadas com o presente estudo, são:

- *reconhecimento de que a intervenção humana na Terra, ao nível da exploração, transformação e gestão sustentável dos recursos, exige conhecimento científico e tecnológico em diferentes áreas;*
- *compreensão dos conceitos essenciais relacionados com a saúde, utilização de recursos e protecção ambiental que devem fundamentar a acção humana no plano individual e comunitário.*

Um dos quatro temas gerais (Fig. 4.7), Viver melhor a Terra, no 3.º Ciclo, tem como competências específicas a avaliação e gestão de riscos e tomada de decisão face a assuntos que preocupam as sociedades, tendo em conta factores ambientais, económicos e sociais. Este parâmetro do currículo deveria constituir o culminar do desenvolvimento das aprendizagens sobre a gestão sustentável dos recursos e ter por finalidade capacitar o aluno para a importância da sua intervenção individual e colectiva no equilíbrio da Terra, quer

pela participação nas medidas de prevenção, quer nas atitudes correctoras de desequilíbrio. A qualidade de vida está directamente relacionada com a qualidade e a gestão sustentável dos recursos, conducente à qualidade de vida para viver melhor na Terra.

Estabelecendo uma relação entre as competências específicas contidas nas Competências Essenciais (Ministério da Educação, 2001) e alguns dos objectivos gerais da Organização Curricular e Programas (Ministério da Educação, 1991) verifica-se que os últimos estão estritamente relacionados com o presente estudo. As Orientações Curriculares (Ministério da Educação, 2002) do 3.º Ciclo para as Ciências Físicas e Naturais sugerem que os assuntos relativos à Sustentabilidade na Terra “*são possíveis de serem estudados sob a forma de pequenos projectos, interdisciplinarmente com as Ciências Naturais, Ciências Físico-químicas e Geografia*”. Atendendo ao conteúdo dos manuais de Ciências Naturais dos 7.º e 8.º anos, o tema referido não é abordado. Logo não há paralelismo entre as orientações curriculares actuais e os manuais. Enquanto que nos dois Ciclos anteriores não havia inovação porque os princípios eram textualmente retirados dos anteriores programas, neste encontra-se uma ampla abordagem de conteúdos e uma grande liberdade no tratamento que o professor possa dar. No 9.º ano, como já foi referido, não há a disciplina de Ciências Naturais, resta, portanto, a Geografia que trata globalmente os problemas ambientais.

Se por um lado as últimas orientações curriculares sugerem como o conteúdo pode ser dado, por outro determinam os temas a serem desenvolvidos ao longo do 3.º Ciclo:

- *principais causas do desequilíbrio dos ecossistemas – fontes poluentes, agentes poluentes e consequências da poluição;*
- *riscos das inovações tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente, como, por exemplo, o lançamento de resíduos industriais para os rios, sendo também necessário clarificar que, em muitos casos, não são a Ciência e a Tecnologia directamente responsáveis por malefícios, mas o não controlo das aplicações científicas ou má aplicação;*
- *visitas de estudo a ETAs e ETARs e observação de processos de tratamento físicos, químicos e biológicos de águas por forma a obter água novamente potável.*

Pelos aspectos acima abordados, constantes nas Orientações Curriculares (Ministério da Educação, 2002), considera-se que o currículo actual define um amplo desenvolvimento em relação a toda a problemática referente à água, mas por outro lado não distribui os conteúdos a desenvolver pelos diferentes anos que constituem o 3.º Ciclo. Neste Ciclo não há relação alguma entre o currículo e os manuais de Ciências dos 7.º e 8.º anos. A Geografia do 9.º ano trata na generalidade todos os conteúdos que deveriam ser desenvolvidos ao longo de todo o 3.º Ciclo, mas em alguns casos sem o grau de desenvolvimento necessário. Refira-se também que o tratamento da água não está contemplado no manual analisado de Santos e Lopes (2001). Não há relação sequencial entre o 2.º e o 3.º Ciclos ao nível dos conteúdos presentes nos manuais e respectiva correlação curricular proposta nas últimas orientações do Ministério da Educação. Há de facto uma contradição enorme relativamente aos quatro temas (Fig. 4.7) organizadores que deveriam ser desenvolvidos nos três ciclos do ensino básico. Isto porque se verificou que os manuais não estão adequados às orientações propostas.

A sequencialidade programática dos conteúdos não significa a repetição sistemática de conteúdo, mas a abordagem de uma mesma noção com diferentes graus de conceptualização, consoante os diferentes níveis de desenvolvimento do aluno. O aprofundamento deve respeitar a diversidade dos pontos de partida e as características da sociedade actual sem se perder o sentido pedagógico. Seriam essencialmente estes dois factores que deveriam estar na base da elaboração dos manuais escolares.

A análise curricular teve por finalidade estabelecer a correlação entre os conteúdos dos manuais e as determinações legislativas do Programa Nacional ou, na denominação actual, as Competências Específicas para o Ensino Básico. Refira-se que a análise dos currículos anteriores teve por objectivo verificar se houve alguma inovação programática ou conceptual em relação aos actuais. Contrastando a terminologia utilizada nos currículos anteriores e nos actuais, por exemplo, no 3.º Ciclo, expressa na Tabela 4.5, nada há de diferente.

Pode verificar-se que em Ministério da Educação (1991) “*compreender a necessidade de uma gestão racional dos recursos naturais*” não difere da “*gestão sustentável dos recursos*” utilizada em Ministério da Educação (2001) ou de Ministério da Educação (2002) “*reconhecimento de situações de desenvolvimento sustentável em diversas regiões*”. Subentendendo-se que na gestão racional dos recursos ou desenvolvimento sustentável está englobada, naturalmente, a água e toda a problemática com ela relacionada, tanto os antigos currículos como os actuais tinham os mesmos vectores de desenvolvimento.

Tabela 4.5. Objectivos gerais e competências essenciais a desenvolverem ao longo do 3.º Ciclo.

3.º Ciclo	
1991 – Organização Curricular e Programas:	
	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>compreender a necessidade de uma gestão racional dos recursos naturais;</i> ▸ <i>identificar problemas ambientais com vista a uma intervenção eficiente na preservação da Natureza;</i> ▸ <i>situar-se no “quadro” das transformações ambientais causadas pelo Homem;</i> ▸ <i>interferência do Homem nos ecossistemas: utilização dos recursos naturais, acumulação de materiais residuais, a necessidade de reciclagem e protecção dos ecossistemas naturais.</i>
2001 – Competências Essenciais: /	“Sustentabilidade na Terra”
	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>reconhecimento de situações de desenvolvimento sustentável em diversas regiões;</i> ▸ <i>reconhecimento que a intervenção humana na Terra afecta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e que coloca questões de natureza social e ética;</i> ▸ <i>compreensão das consequências que a utilização dos recursos existentes na Terra tem para os indivíduos, para a sociedade e para o ambiente;</i> ▸ <i>compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico na aplicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade na Terra.</i>
2002 – Orientações Curriculares: /	“Sustentabilidade na Terra”
	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>gestão sustentável dos recursos (a sustentabilidade implica o conhecimento dos recursos existentes e a sua gestão equilibrada);</i> ▸ <i>utilização dos recursos hídricos (envolve a água como factor de desenvolvimento, qualidade da água segundo o fim a que se destina, tratamento e reutilização da mesma);</i> ▸ <i>riscos das inovações científicas e tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente (como por exemplo, os acidentes nucleares e, por outro lado, também estes podem conduzir a discussões sobre questões de natureza social e ética).</i>

A utilização dos recursos naturais, acumulação de materiais residuais, a necessidade de reciclagem e protecção dos ecossistemas naturais, pressupõe a utilização da ciência e da tecnologia ao serviço da utilização e/ou transformação do recurso como à resolução do problema causado. Finalmente, concluiu-se que não houve uma inovação assinalável após mais de uma década decorrida entre os anteriores e os actuais programas nacionais. Os manuais do 6.º ano e do 3.º Ciclo não estão correlacionados com o currículo nacional ou as orientações estabelecidas pelo Ministério da Educação. Isto porque os conceitos não são

desenvolvidos ao longo dos 3 Ciclos que compõe o Ensino Básico. Não há sequencialidade nos conteúdos programáticos e um nível de aprofundamento crescente ao longo dos diferentes anos. Sugere, também, o currículo que os aspectos da sustentabilidade da Terra sejam dados de modo transdisciplinar e seja aproveitada a Área do Projecto para tal fim. Caberá, naturalmente, ao professor operacionalizar o desenvolvimento adequado desta temática.

4.2. Resultados do estudo 2: Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre o ciclo do uso da água

4.2.1. Resultados dos alunos do 4.º ano - estudo piloto

O estudo piloto permitiu decidir a potencial pertinência das questões colocadas nas fichas de trabalho sobre o ciclo do uso da água, determinar a adequação da linguagem utilizada na formulação das perguntas constituídas e adequar o instrumento para uma generalização posterior. Os resultados obtidos nas diferentes fases do trabalho experimental efectuado em contexto de sala de aula são apresentados e discutidos a seguir: 1.ª fase (incluindo o estudo piloto), 2.ª fase e 4.ª fase. No estudo piloto foram envolvidos 19 alunos do 4.º ano de escolaridade (a que se seguiram mais 59 alunos: 18 do 1.º ano, 19 do 2.º ano e 22 do 3.º ano), em que foram aplicadas quatro questões para diagnosticar as concepções dos alunos acerca do ciclo de uso da água.

Os resultados obtidos na pergunta 1, “*De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?*”, foram agrupados, *a posteriori*, em quatro categorias: 1) canos, 2) depósito, 3) origem natural, e 4) poço. As Figuras de 4.9 a 4.14 ilustram as respostas dadas pelos alunos e concretizam a categorização efectuada. Na categoria depósito incluímos respostas como, por exemplo, fábrica de água (ver Fig. 4.10) e depósito de tratamento de água (ver Fig. 4.11). Na categoria origem natural foram englobadas todas aquelas fontes de captação que constituem estruturas naturais como, por exemplo, a nascente (Fig. 4.12), o rio, o lençol freático (Fig. 4.13), etc.

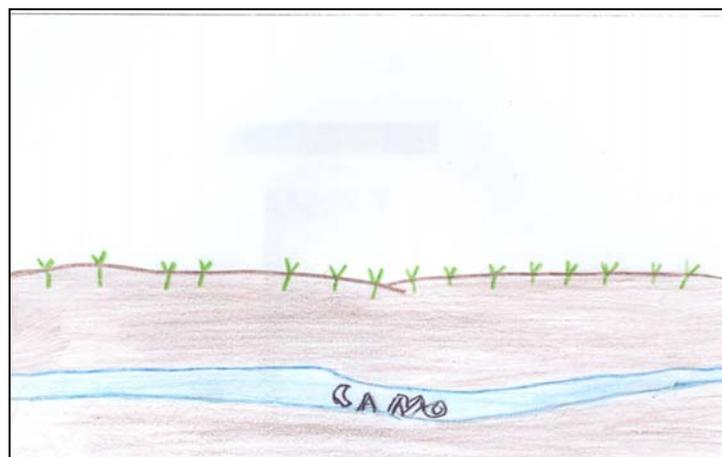


Figura 4.9. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Cátia, 9 anos, 2003), que foi classificada como cano.

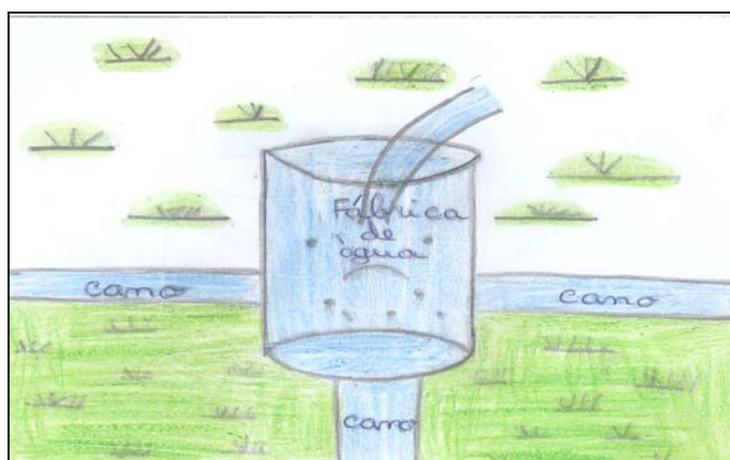


Figura 4.10. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Ana Alexandra, 10 anos, 2003) (fábrica de água = depósito) que foi classificada como depósito.

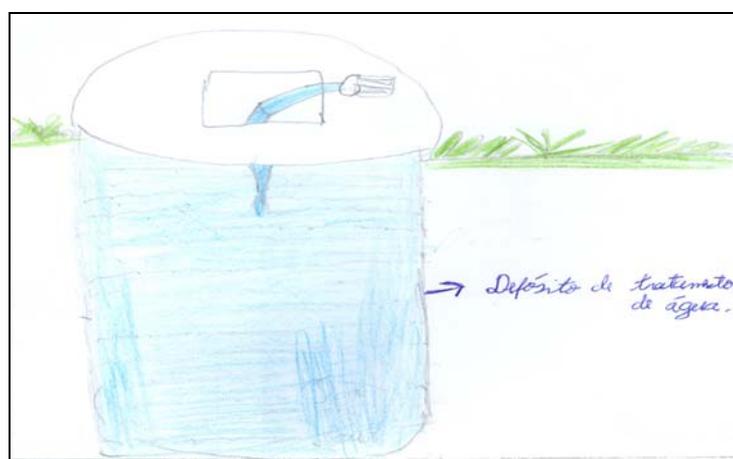


Figura 4.11. Exemplo de resposta à pergunta 1 de um aluno do 4.º ano (Emiliano, 11 anos, 2003) (depósito de tratamento = depósito), que foi classificada como depósito.



Figura 4.12. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Francisca, 9 anos, 2003) (nascente = origem natural) que foi classificada como sendo de origem natural.



Figura 4.13. Exemplo de resposta à pergunta 1 de uma aluna do 4.º ano (Diana, 9 anos, 2003) (lençol freático = origem natural) que foi classificada como sendo de origem natural.

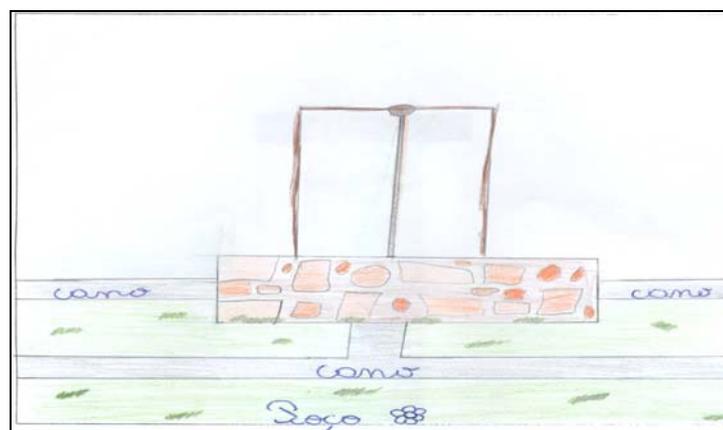


Figura 4.14. Exemplo de resposta à pergunta 1 de um aluno do 4.º ano (Pedro Miguel, 9 anos, 2003) que foi classificada como poço.

Na Figura 4.10, a noção de “fábrica de água” referida pela aluna aponta para uma estação de tratamento de águas. Facto que também pode ser observado na Figura 4.12, onde a aluna indica explicitamente a necessidade de tratamento da água antes de esta ser utilizada. Enquanto na Figura 4.13, está expressa a noção de lençol freático, pois a aluna inequivocamente representa a ligação do poço a esta estrutura geológica.

4.2.1.1. Resultados da pergunta 1

Os resultados obtidos pelos alunos do 4.º ano, no estudo piloto, à pergunta 1, “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?”, estão distribuídos na Figura 4.15.

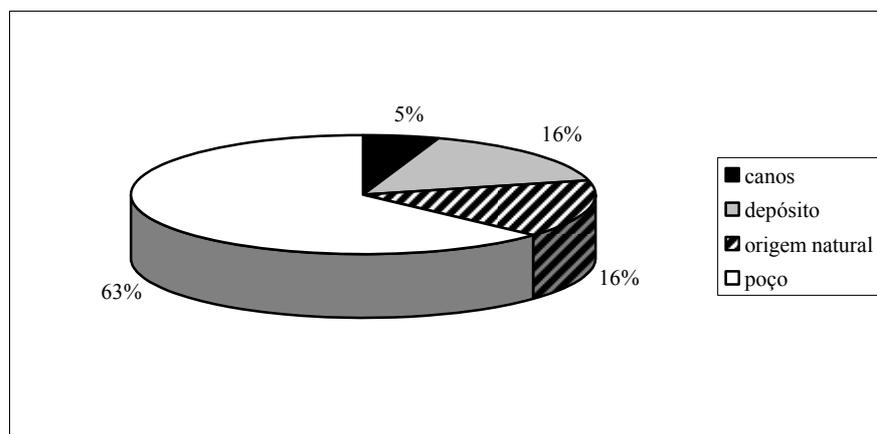


Figura 4.15. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 1 com os alunos do 4.º ano (n=19), em relação aos pontos de captação de água.

Os alunos indicaram o poço como sendo o ponto de captação de água mais frequente, (63%), seguido do depósito (16%) e origem natural (16%) com a mesma distribuição e, por último, os canos (5%).

A análise destes resultados, permitiu verificar uma incidência significativa (95%) no número de respostas que consideravam as categorias poço, origem natural e depósito como pontos de captação de água.

Por tal facto, fez-se um levantamento do tipo de habitação dos alunos: casa individual (n=10) ou andar (n=9). Segue-se a identificação das habitações relacionando o tipo de captação referido pelos alunos (Fig. 4.16).

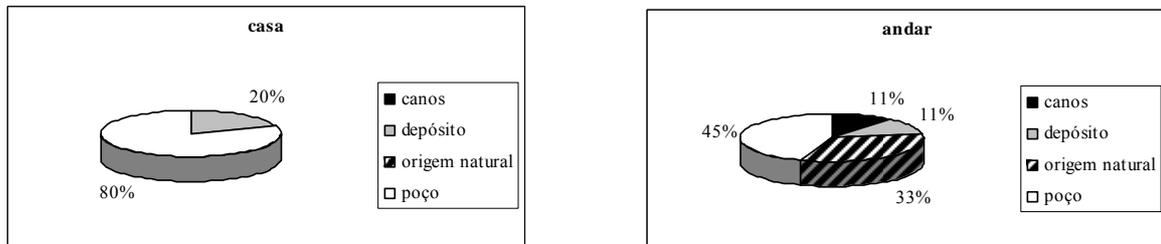


Figura 4.16. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.15 pelo tipo de habitação (n=19).

Pela observação dos resultados constantes na Figura 4.16 pode concluir-se que os alunos associam maioritariamente o poço como ponto de captação de água, independentemente do tipo de habitação, mas com maior incidência nos que habitam uma casa individual.

4.2.2. 2.^a Fase. Generalização do estudo

Após a determinação das concepções dos alunos do 4.º ano procedeu-se à aplicação da mesma questão aos alunos dos três primeiros anos de escolaridade para comparação dos resultados. Assim, os resultados obtidos à pergunta 1, “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?”, no 1.º ano de escolaridade, estão representados na Figura 4.17.

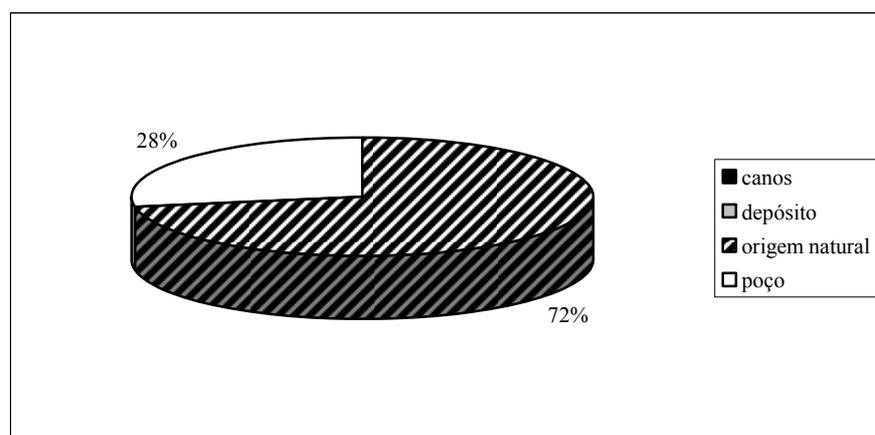


Figura 4.17. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 1.º ano (n = 18).

Os resultados obtidos na pergunta 1 revelam uma percentagem elevada na captação de água através de pontos de captação de origem natural (72%), seguida pela obtenção através de poço (28%). De facto, o 1.º ano só considera estes dois pontos de captação quando comparado com os resultados da Figura 4.15.

Para a mesma pergunta colocada ao 2.º ano (Fig. 4.18) verificamos que o ponto de captação de origem natural decresce de 72% para 35% quando comparado com os resultados obtidos no 1.º ano (Fig. 4.17). Por sua vez, a percentagem na captação através de poço eleva-se de 28% para 45%. Além disto, surgem dois novos pontos de captação: os canos e o depósito.

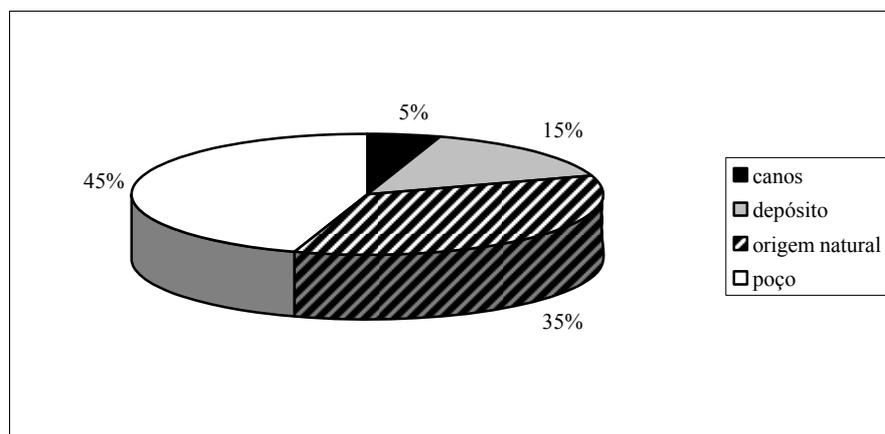


Figura 4.18. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 2.º ano ($n = 19$).

No 3.º ano de escolaridade, os resultados obtidos (Fig. 4.19) revelam que o ponto de captação através de canos atinge um crescimento percentual significativo (41%) enquanto a via de captação de origem natural sofre de novo um decréscimo, relativamente aos anos anteriores. A captação de água através de canos atinge a percentagem mais elevada (41%), enquanto através de poço o valor obtido assemelha-se ao verificado no 1.º ano.

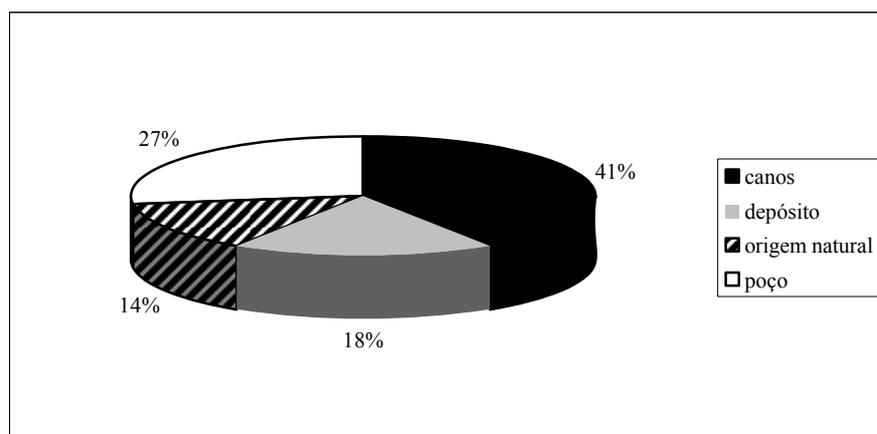


Figura 4.19. Distribuição relativa dos resultados obtidos em relação aos pontos de captação de água com os alunos do 3.º ano (n = 22).

Os resultados globais das percentagens obtidas nas Figuras 4.15 e, 4.17 a 4.19, nos quatro anos analisados, estão apresentados na Figura 4.20. A análise da referida figura permite concluir o seguinte:

- 1.º ano – o ponto de captação de origem natural é o mais valorizado com 72%;
- 2.º ano – o poço é o ponto de captação mais indicado com 45%, seguindo-se a origem natural com 35%;
- 3.º ano – os canos são o ponto de captação com maior percentagem (41%); o poço reduz 18% em relação ao 2.º ano, obtendo-se agora 27%; a origem natural também reduz 21% em relação ao 2.º ano, enquanto o poço reduz 3%;
- 4.º ano – o poço é o ponto de captação que atinge a percentagem maior com 63%, portanto a mais elevada observada até agora; os canos como ponto de captação perderam significado neste ano de escolaridade, quando comparado com o 3.º ano.

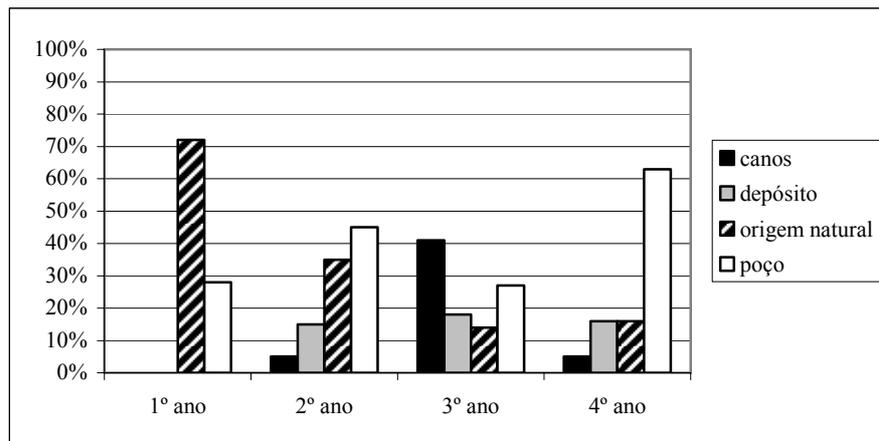


Figura 4.20. Resultados globais à pergunta 1 obtidos nos diferentes anos e pelas categorias consideradas.

Procedimento igual ao 4.º ano, foi utilizado em relação ao levantamento do tipo de habitação e fontes de captação indicadas pelos alunos dos três primeiros anos de escolaridade. Seguem-se as Figuras 4.21 a 4.23 da identificação das habitações relacionando o tipo de captação referido pelos alunos.

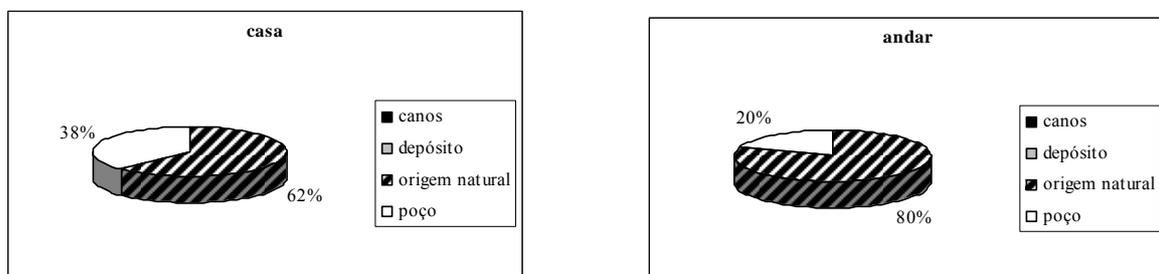


Figura 4.21. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.17 pelo tipo de habitação (casa, n=8; andar, n=10).

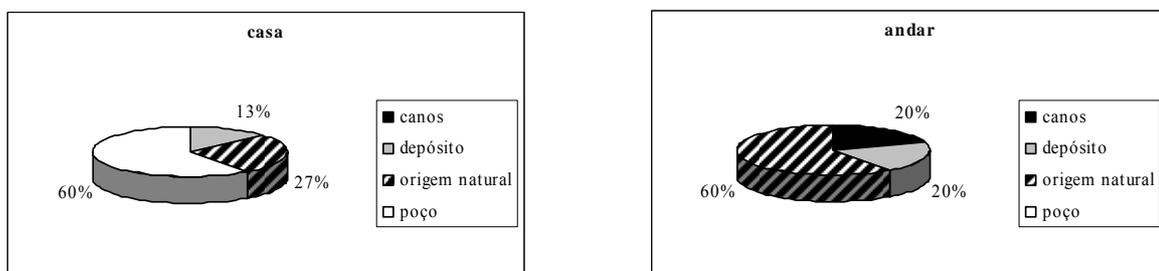


Figura 4.22. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.18 pelo tipo de habitação (casa, n=15; andar, n=5).

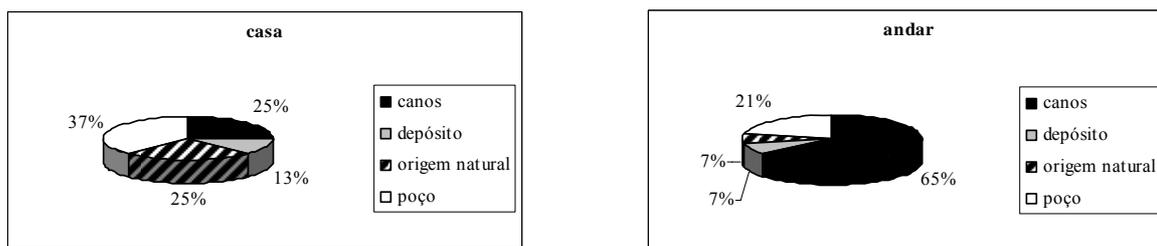


Figura 4.23. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.19 pelo tipo de habitação (casa, n=8; andar, n=14).

Os resultados globais obtidos nos quatro anos de escolaridade, segundo o tipo de habitação e a relação da resposta obtida (Fig. 4.16, 4.21 a 4.23), estão representados na Figura 4.24, permitindo uma melhor visualização em termos comparativos.

Os resultados constantes na Figura 4.24 permitem concluir que, nos quatro anos de escolaridade, os alunos que vivem numa casa individual associam maioritariamente o poço ou a origem natural como ponto de captação de água. De igual forma os alunos do 4.º ano que vivem em andar referem maioritariamente o poço como sendo o tipo de captação de água para as suas habitações. Por sua vez, os alunos do 1.º e 2.º e os do 3.º ano, que vivem em andar, indicam respectivamente, com maior frequência a origem natural e os canos como tipo de captação de água. Estes resultados apontam para as diferentes experiências de vida que cada aluno tem em relação às fontes de água utilizadas na sua habitação.

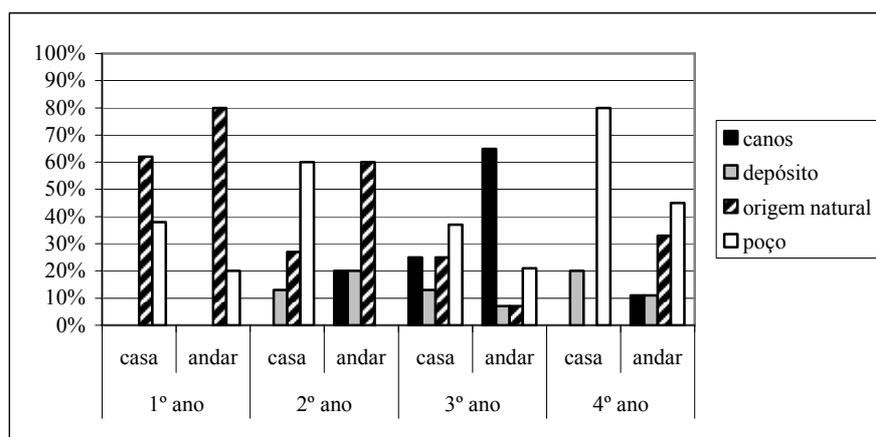


Figura 4.24. Resultados globais obtidos relacionando o tipo de habitação com o tipo de captação de água referido pelos alunos dos quatros anos de escolaridade.

4.2.3. Resultados da pergunta 2

Os resultados obtidos pelos alunos do 4.º ano, no estudo piloto, à pergunta 2, "Como chega a água às torneiras da tua casa?", foram agrupados, *a posteriori*, em três categorias: 1) tubo ou cano, 2) tubos ou canos sem ligação entre si, e 3) tubos ou canos interligados. As Figuras 4.25 a 4.27 ilustram as respostas dadas pelos alunos e concretizam a categorização efectuada.

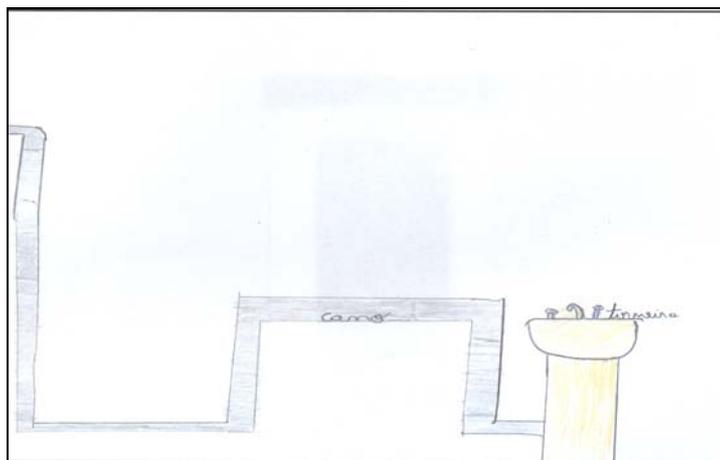


Figura 4.25. Exemplo de resposta à pergunta 2 de uma aluna do 4.º ano (Diana Filipa, 9 anos, 2003), que foi classificada como cano.

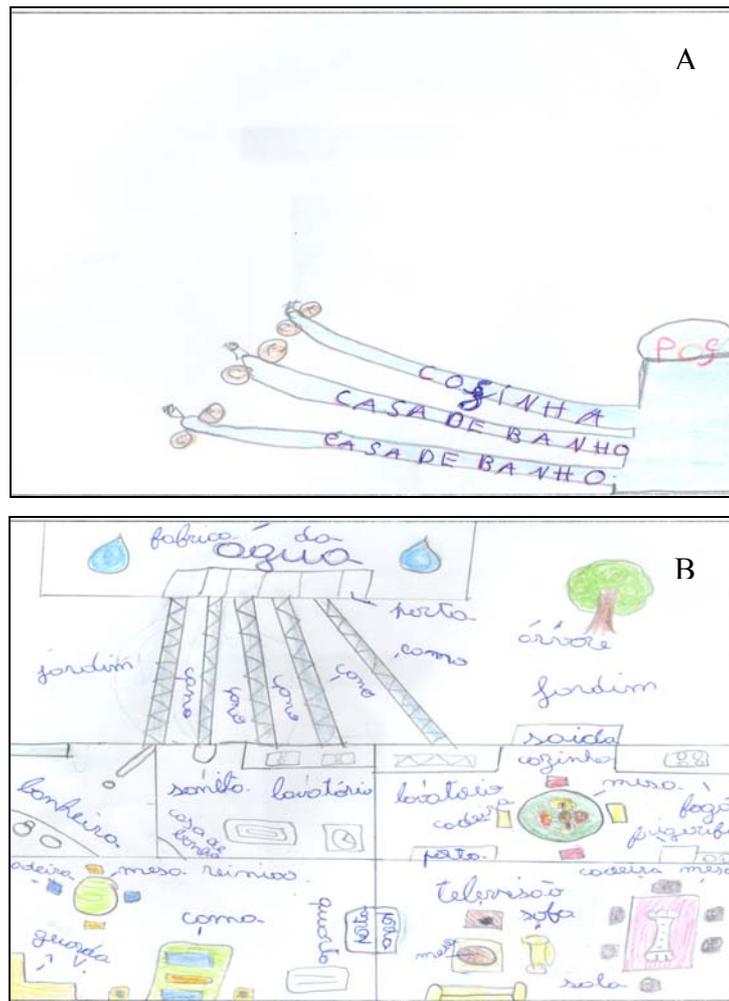


Figura 4.26. Exemplos de resposta à pergunta 2 que foram classificadas como tubos ou canos sem ligação entre si. [A] aluna do 4.º ano (Sara, 9 anos, 2003) e [B] aluno do 4.º ano (Pedro Miguel, 9 anos, 2003).

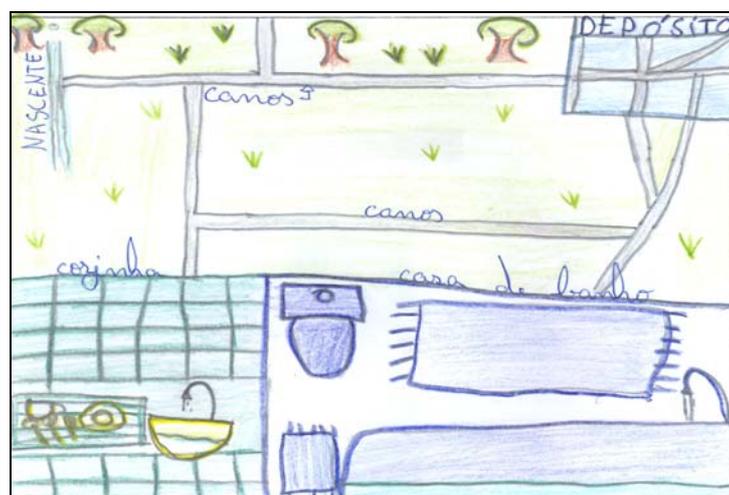


Figura 4.27. Exemplo de resposta à pergunta 2 de uma aluna do 4.º ano (Francisca, 9 anos, 2003), que foi classificada como tubos ou canos com ligação entre si.

A Figura 4.25, classificada na categoria tubo ou cano, demonstra a noção de cano único, enquanto a Figura 4.26 [A e B] revela uma série de canos sem ligação entre si. Na Figura 4.27, identificada como canos interligados, ou rede de distribuição, é notória a ligação aberta entre os canos que constituem a rede desenhada pela aluna.

A Figura 4.28 apresenta a distribuição dos resultados obtidos à pergunta 2.

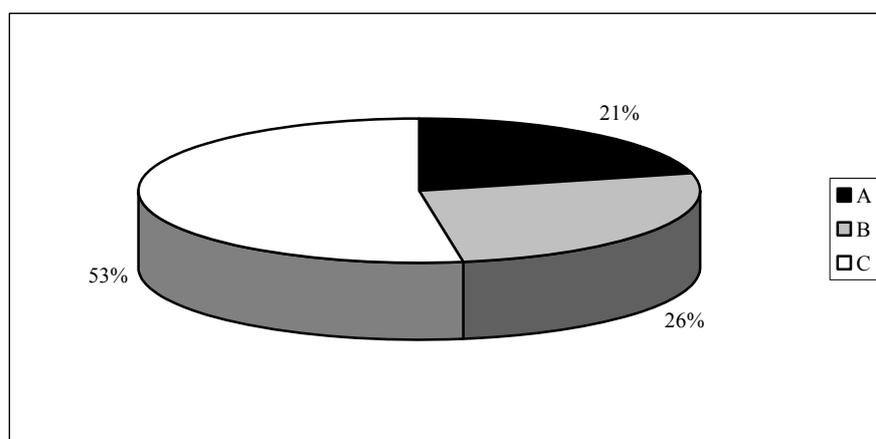


Figura 4.28. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 2 com os alunos do 4.º ano (n=19). (A) Tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação entre si; (C) tubos ou canos interligados.

Pela análise da Figura 4.28, pode observar-se que a maior percentagem de representações incide na indicação de tubos interligados, ou seja, sistema de rede de distribuição como o processo de chegada da água a casa. Por outro lado, 21% de representações indica o tubo ou cano e, finalmente, 26% de representações expressam tubos ou canos sem ligação entre si.

Igual procedimento de análise foi utilizado com os restantes alunos dos três primeiros anos, aquando da generalização do estudo, e os resultados globais obtidos, estão apresentados na Figura 4.29. Para uma correcta análise comparativa os resultados da Figura 4.28 foram igualmente considerados.

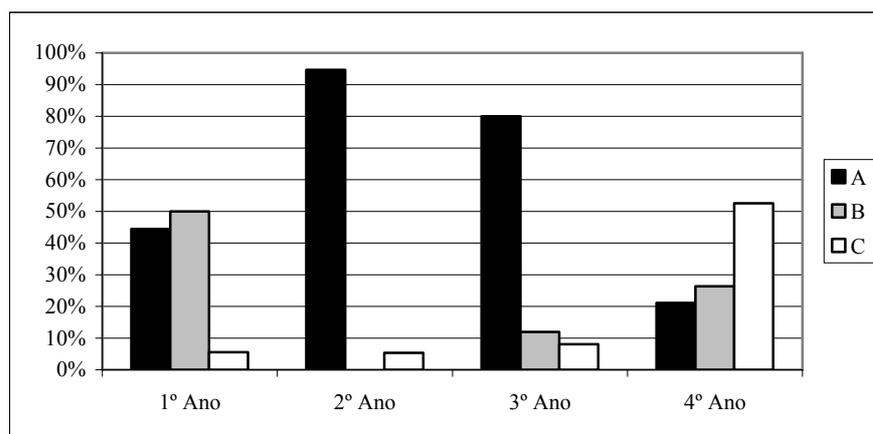


Figura 4.29. Resultados globais à pergunta 2 obtidos nos diferentes anos e pelas categorias consideradas. (A) Tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação entre si; (C) tubos ou canos interligados.

A análise dos resultados apresentados na Figura 4.29 permite concluir que a percentagem de respostas obtidas em relação à categoria tubo ou cano é significativamente mais elevada no 2.º ano, decrescendo cerca de 15% no 3.º ano e reduzindo acentuadamente no 4.º ano, cerca de 59% em relação ao ano anterior. A categoria, tubos ou canos sem ligação entre si, que pode ser considerada uma categoria intermédia, atinge uma percentagem elevada no 1.º ano (50%), não é observada no 2.º ano, mas surge no 3.º ano e continua com um aumento progressivo no 4.º ano. A categoria tubos ou canos interligados, ou seja a noção de rede de distribuição, pode observar-se nos 4 anos de escolaridade, assumindo uma elevada percentagem (53%) de respostas dadas pelo 4.º ano. Isto significa que à medida que os alunos sobem de nível etário, vão substituindo a noção de cano único pela noção de rede. Como os manuais não fazem qualquer tipo de referência (imagem, gravura ou texto escrito) sobre a distribuição da água, é de concluir que as respostas dadas pelos alunos reflectam uma vivência e não um conhecimento formal veiculado pela escola.

4.2.4. Resultados da pergunta 3

As respostas dadas pelos alunos do 4.º ano, no estudo piloto, à pergunta 3, “*Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?*”, foram agrupadas, *a posteriori*, em seis categorias: 1) higiene pessoal (HP), 2) higiene doméstica (HD), 3) alimentação humana (AH), 4) alimentação animal (AA), 5) jardinagem (J), e 6) lazer e outros (L). A Figura 4.30 é uma boa ilustração das respostas dadas pelos alunos e concretiza a categorização efectuada.

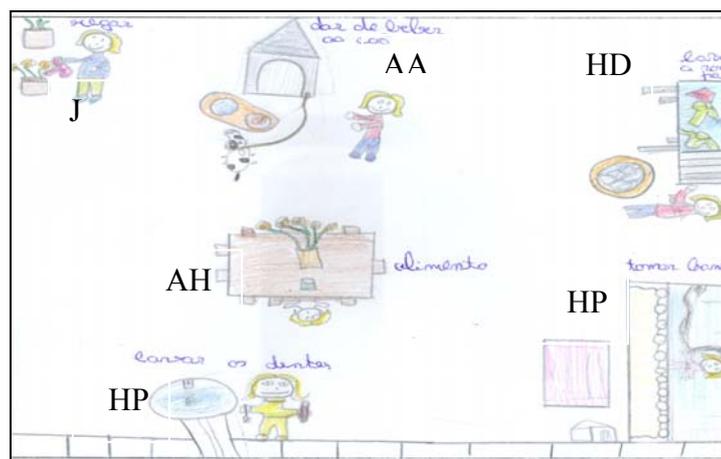


Figura 4.30. Exemplo de resposta à pergunta 3 de uma aluna do 4.º ano (Sílvia, 9 anos, 2003). (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem.

A Figura 4.31 apresenta a distribuição dos resultados obtidos à pergunta 3 pelos alunos do 4.º ano.

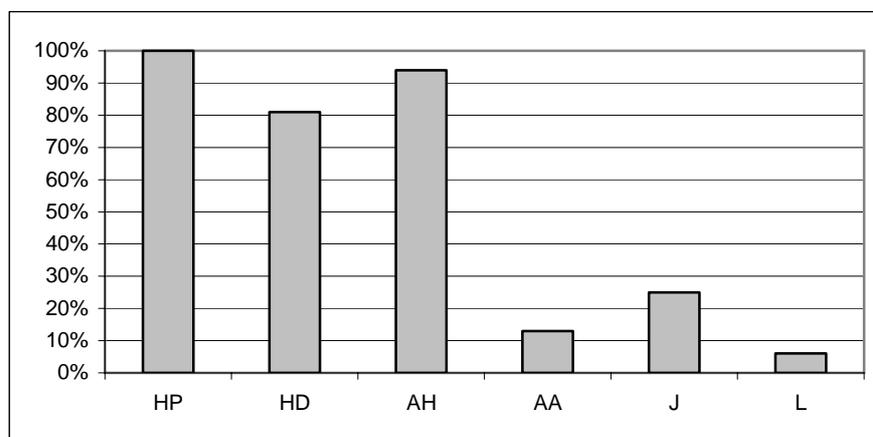


Figura 4.31. Distribuição relativa dos resultados obtidos na pergunta 3 com os alunos do 4.º ano. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Os alunos (n=19) deram grande relevo à higiene pessoal, alimentação humana e higiene doméstica, dado verificar-se uma percentagem de respostas por ordem decrescente: 100%, 94% e 81%, respectivamente. Por outro lado, verifica-se uma fraca valorização da alimentação animal e lazer, tendo a jardinagem alguma expressão (25%).

A mesma pergunta foi colocada aos restantes anos de escolaridade, aquando da generalização do estudo, e os resultados globais obtidos estão apresentados na Figura 4.32. Para uma correcta análise comparativa os resultados da Figura 4.31 foram igualmente considerados.

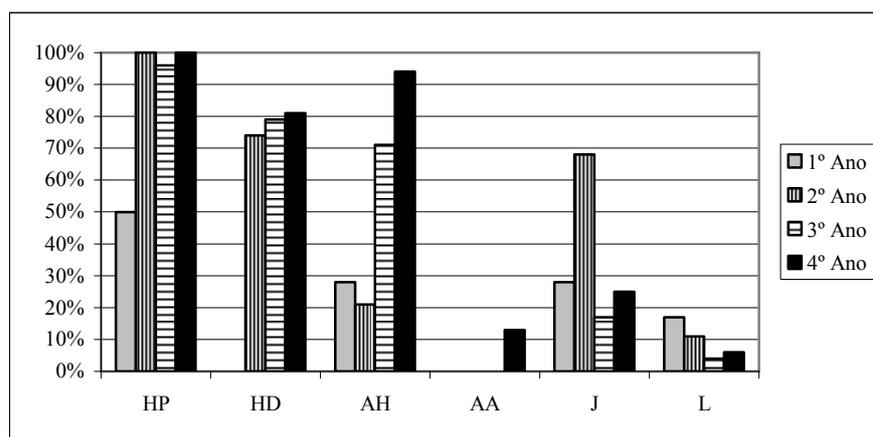


Figura 4.32. Resultados globais obtidos nos 4 anos de escolaridade à pergunta 3 no que refere à utilidade da água. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Pela análise dos resultados obtidos (Fig. 4.32) nos quatro anos de escolaridade em relação à utilidade da água, podemos concluir o seguinte:

- 1.º ano – 50% dos alunos referem a higiene pessoal como a utilidade fundamental e reduzem para metade a percentagem na alimentação humana e a jardinagem, ignorando a higiene doméstica e a alimentação animal;
- 2.º ano – 100% dos alunos refere a higiene pessoal como factor preponderante da utilidade da água, seguindo a higiene doméstica e a jardinagem, também com uma percentagem elevada de respostas, mas ignoram a utilidade da água na alimentação animal. Este ano de escolaridade é o que valoriza mais a jardinagem, estando em pé de igualdade com a alimentação humana;
- 3.º ano – refere três vertentes fundamentais da utilidade da água: higiene pessoal, higiene doméstica e alimentação humana com elevada percentagem de respostas. No entanto ignoram a alimentação animal;

- 4.º ano – indica a higiene pessoal, a higiene doméstica e a alimentação humana os parâmetros de maior frequência obtida. Este ano de escolaridade é o único ano a considerar a alimentação animal.

4.2.5. Resultados da pergunta 4

Finalmente, as respostas à pergunta 4, “Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?”, foram agrupadas, *a posteriori*, em duas categorias: 1) saneamento básico (SB) e 2) descarga a céu aberto (DCA). As Figuras 4.33 e 4.34 são uma ilustração das respostas dadas pelos alunos e concretizam a categorização efectuada.



Figura 4.33. Exemplo de resposta à questão 4 de uma aluna do 4.º ano (Rita, 9 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada como esgoto, ou seja, saneamento básico.



Figura 4.34. Exemplo de resposta à questão 4 de uma aluna do 4.º ano (Marta, 9 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada em descarga a céu aberto.

A Figura 4.35 apresenta a distribuição dos resultados obtidos à pergunta 3 pelos alunos do 4.º ano.

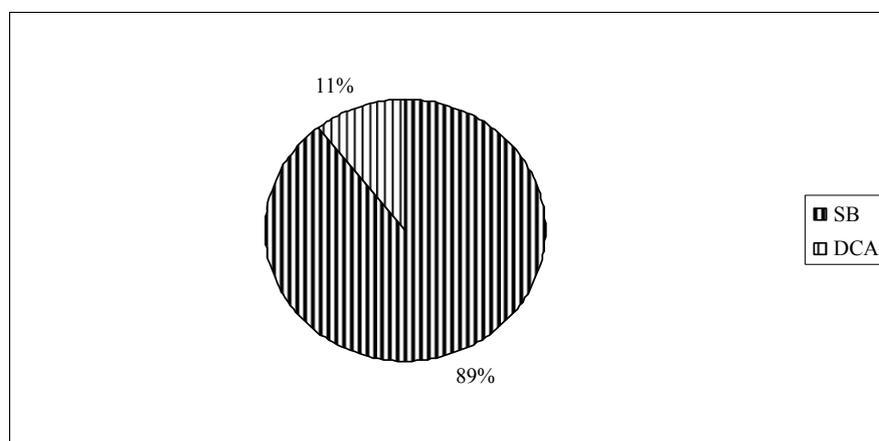


Figura 4.35. Distribuição relativa dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos do 4.º ano (n=19). (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto.

Os resultados obtidos (Fig. 4.35) demonstram que uma elevada percentagem (89%) das respostas indica o saneamento básico como destino final da água depois de utilizada. Há uma percentagem reduzida de alunos (11%) que indica a descarga a céu aberto.

Após a determinação das concepções dos alunos do 4.º ano procedeu-se a uma análise dos alunos dos três primeiros anos de escolaridade para observação e comparação dos resultados. Na generalização do estudo surgiu uma nova categoria, classificada como fossa, que a Figura 4.36 ilustra e concretiza a categorização efectuada. As respostas à pergunta 4 foram, portanto, agora, agrupadas em três categorias: 1) saneamento básico (SB), 2) descarga a céu aberto (DCA) e 3) fossa (F). Assim, os resultados globais obtidos à pergunta 4, nos restantes anos estão distribuídos na Figura 4.37. Para uma correcta análise comparativa os resultados da Figura 4.35 foram igualmente considerados.

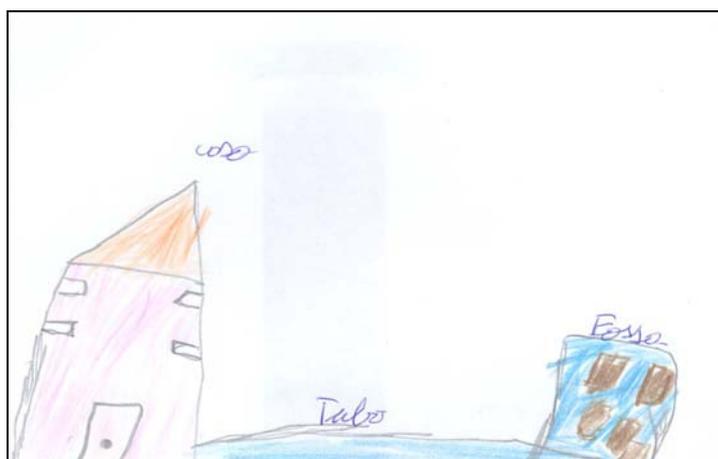


Figura 4.36. Exemplo de resposta à questão 4 de um aluno do 3.º ano (Tiago Alberto, 8 anos, 2003), referente ao destino da água, que foi classificada como fossa.

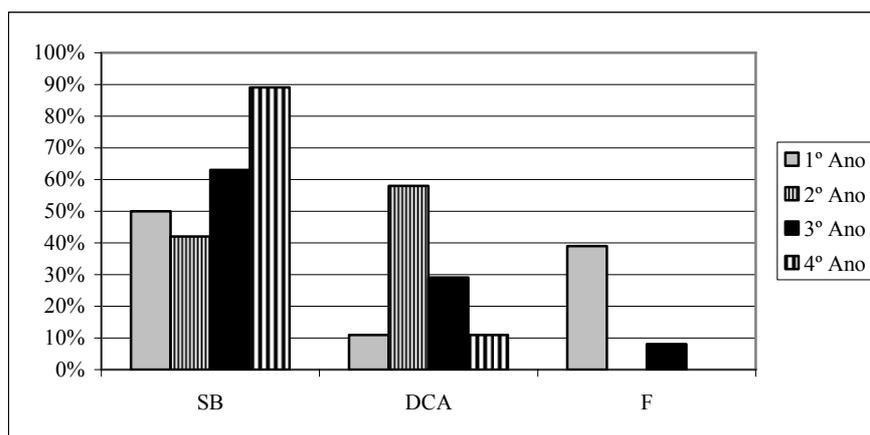


Figura 4.37. Resultados globais obtidos nos 4 anos de escolaridade à pergunta 4 no que refere ao destino da água após utilização. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.

Pela análise dos resultados obtidos (Fig. 4.37) nos quatro anos de escolaridade em relação ao destino da água após utilização, podemos concluir o seguinte:

- 1.º ano – o saneamento básico e a fossa atingem as percentagens mais elevadas (50% e 39%, respectivamente), enquanto a descarga a céu aberto (11%) não tem expressão significativa;
- 2.º ano – apresenta uma redução na percentagem (cerca de 10%) de respostas obtidas em saneamento básico em relação à verificada no 1.º ano, enquanto se observa um aumento expressivo no número de respostas na descarga a céu aberto

(58%), sendo o ano de escolaridade que maior percentagem obteve neste parâmetro, mas, contudo, ignorou a fossa;

- 3.º ano – verifica-se um acentuado crescimento no número de respostas (63%) que indicam o saneamento básico, reduzindo o número de respostas na descarga a céu aberto, enquanto a fossa (8%) não tem expressão;
- 4.º ano – é o ano de escolaridade que atinge a máxima expressividade com 89% de respostas que referem o saneamento básico, recaindo a restante percentagem na descarga a céu aberto. De um modo geral, à medida que o aluno sobe no ano de escolaridade acentua-se a noção de saneamento básico, decrescendo a noção de descarga a céu aberto.

4.2.6. Intervenção pedagógica

A 4.ª fase do trabalho envolveu uma turma de 18 alunos que foi acompanhada ao longo de dois anos, ou seja, no 2.º e 3.º anos. Outra turma de 24 alunos do 4.º ano foi acompanhada conjuntamente com a turma dos 18 alunos que estava já no 3.º ano.

4.2.6.1. Evolução de uma turma ao longo de 2 anos

Os alunos que frequentavam o 2.º ano de escolaridade, no ano 2003-2004, foram sujeitos à aplicação da ficha de trabalho com quatro questões, sendo o desenho livre a expressão de respostas às questões que lhe foram colocadas, para determinar as suas concepções alternativas. A repetição da aplicação da mesma ficha de trabalho, no ano lectivo seguinte 2004-2005, aos mesmos alunos, agora no 3.º ano, permite a análise das diferenças verificadas ao longo do seu desenvolvimento etário e escolar, dado que os conceitos em causa não são contemplados nos manuais adoptados, como já foi referido anteriormente.

As respostas dadas pelos alunos, que estavam no 2.º ano (n=20) e agora já estavam no 3.º ano (n=18), à pergunta 1 “*De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?*” estão apresentadas na Figura 4.38.

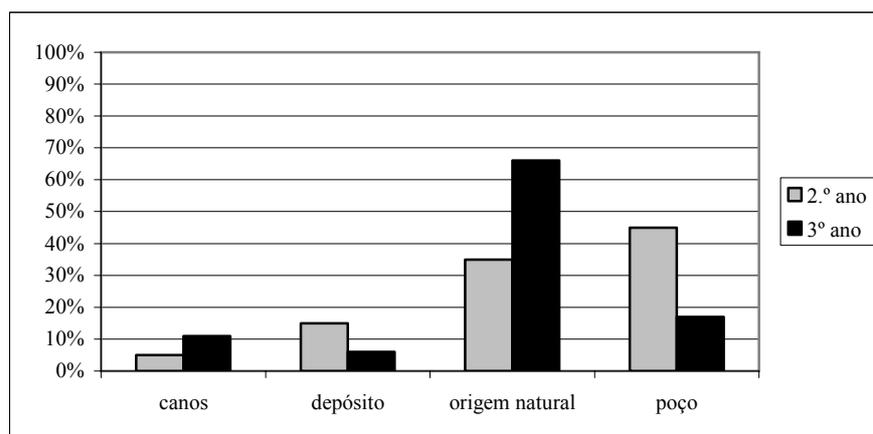


Figura 4.38. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 1 com os mesmos alunos no 2.º e no 3.º anos.

Pela análise da Figura 4.38, podemos verificar que a alteração mais significativa se refere à captação de água de origem natural, pois a percentagem cresce de 35% no 2.º para 66% no 3.º ano. Simultaneamente há uma redução de percentagem na captação através de poço. No 2.º ano observa-se um crescimento contínuo no que respeita às 4 categorias, sendo o poço aquela que possui maior percentagem de respostas.

Os resultados obtidos, na pergunta 2, “*Como chega a água às torneiras da tua casa?*”, estão apresentados na Figura 4.39. Estes resultados permitem observar uma evolução ao longo do tempo para um conceito mais correcto dado que a categoria tubo ou cano (95%) no 2.º ano foi reduzida para 66% no 3.º ano. Por sua vez as categorias de tubos ou canos sem ligação entre si, categoria não indicada no 2.º ano, e a categoria tubos ou canos interligados sofreram um incremento de 17% e de 12%, respectivamente. Este resultado clarifica que as alterações conceptuais nos alunos são um processo gradual, passando estes por estádios transitórios como é exemplo a categoria tubos ou canos sem ligação.

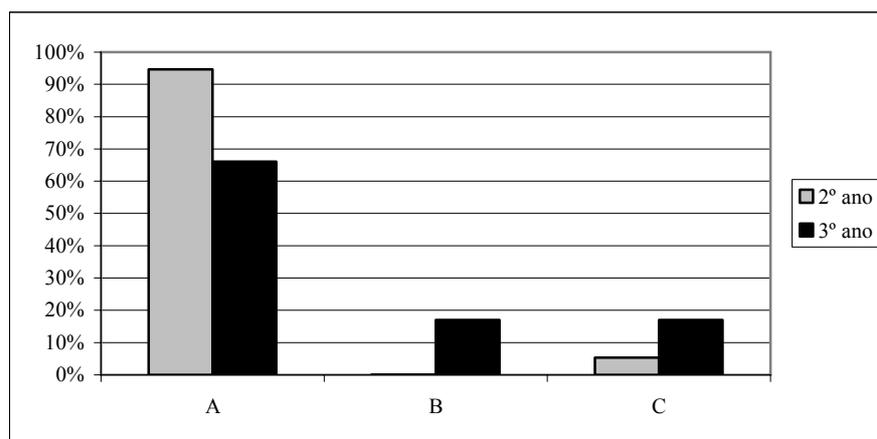


Figura 4.39. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 2, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (A) Tubo ou cano; (B) Tubos ou canos sem ligação; (C) Tubos ou canos interligados.

Os resultados obtidos, na pergunta 3, “*Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?*”, estão apresentados na Figura 4.40.

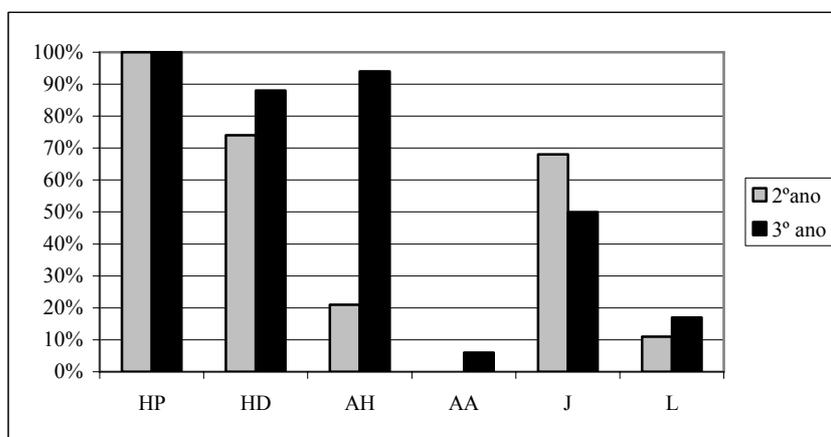


Figura 4.40. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 3, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Os resultados obtidos para a pergunta 3 permitem observar que a totalidade dos alunos indicou a higiene pessoal como utilidade da água quer quando estavam no 2.º ano quer no ano seguinte. A higiene doméstica no 3.º ano sofreu um pequeno incremento em relação ao ano anterior, ao passo que a alimentação humana foi a categoria que sofreu o maior crescimento percentual de 21 para 94%. Esta mudança poderá indicar uma nova aquisição

de conceito quanto à importância da água para a alimentação humana. Ainda associado a esta categoria verificamos que também neste ano surgem de novo respostas (6%) relacionadas com a alimentação animal.

Os resultados obtidos, na pergunta 4, “Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?”, estão apresentados na Figura 4.41.

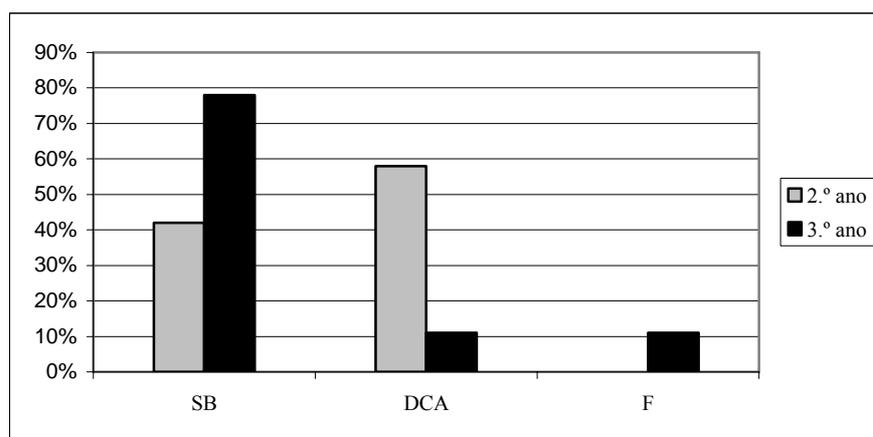


Figura 4.41. Distribuição relativa das categorias obtidas à pergunta 4, com os mesmos alunos no 2.º e 3.º anos. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.

Os resultados obtidos para a pergunta 4 permitem observar que a categoria de descarga a céu aberto, indicado no 2.º ano, decresce no 3.º ano. Concomitantemente verifica-se o aumento de 42% para 78% de respostas que consideraram o saneamento básico como destino da água após utilização (Fig. 4.41). Este resultado aponta claramente para uma aproximação de concepções mais correctas.

Pela análise geral das Figuras 4.38 a 4.41 podemos, em termos gerais, concluir que houve uma mudança conceptual para conceitos mais correctos nos alunos entre o 2.º e 3.º anos. Após este estudo os alunos foram sujeitos a uma intervenção pedagógica em contexto de sala de aula.

4.2.6.2. Processo de auto-formação da professora-investigadora

Para alguns autores (Carvalho *et al.*, 1999) a insegurança para ensinar ciências experimentais pode ser colmatada através da “reflexão sobre o trabalho experimental-investigativo” desenvolvido pelo próprio professor em regime de auto-formação. A segurança do professor depende, por isso, do domínio experimental que tem de demonstrar perante os alunos, dominando eficazmente todo o processo experimental a desenvolver em contexto de sala de aula. Para isso, terá de praticar, e só a experimentação prévia dos ensaios a realizar com os alunos lhe dará a auto-confiança e a segurança necessárias à sua execução. No processo de aprendizagem foram desenvolvidas a destreza manipulativa laboratorial e compreensão processual dos diferentes ensaios a efectuar, adquiridas pelos ensaios prévios realizados no laboratório de ciências do IEC (Universidade do Minho). Ainda neste processo houve a necessidade de procurar, seleccionar e testar matérias-primas para a construção dos materiais pedagógicos a serem usados nas actividades experimentais.

Este processo desenvolveu-se fundamentalmente na perspectiva de interacção teoria/prática, o que pressupõe que o professor se veja como investigador da sua prática. A reconstrução prática requer um processo de reflexão na, e para, a acção (Schön, 1992). Este conceito recupera a acção pedagógica como uma actividade teórico-prática, colocando o processo de ampliação dos conhecimentos como parte essencial a todo o movimento estabelecido em contexto de sala de aula, e pressupõe que a professor seja um profissional capaz de investigar individual e colectivamente a sua própria prática, buscando alternativas para os seus problemas e reconhecendo na componente prática uma instância relevante para produzir conhecimentos.

4.2.6.3. Actividade experimental com a turma do 3.º ano

Para dar continuidade ao trabalho de investigação foi desenvolvida uma actividade experimental para demonstrar o ciclo do uso da água. O objectivo desta actividade foi permitir aos alunos contactarem experimentalmente com conteúdos que lhes permitissem clarificar e consolidar os conceitos envolvidos no ciclo do uso da água, nomeadamente a utilização de uma mini-depuradora (ETA), a rede de distribuição de água potável através da utilização de uma maqueta, e o visionamento de um filme sobre o funcionamento de uma ETAR. Os alunos desenvolveram a actividade em dois dias consecutivos. Após a

execução de cada etapa da actividade foi estabelecido um diálogo entre os alunos e entre estes e a professora-investigadora, onde livremente cada um colocou as questões que pretendia ver esclarecidas. O desenvolvimento em contexto de sala de aula desta actividade e a avaliação das aprendizagens atingidas com esta turma são apresentadas e discutidas a seguir.

Os alunos começaram esta actividade por experimentar o funcionamento da mini-depuradora (Fig. 4.42). Para o efeito, foram dadas informações aos alunos de forma a permitir a execução da experiência.



Figura 4.42. Turma do 3.º ano que participou no ensaio experimental sobre a mini-depuradora.

Ao longo desta etapa, foi gratificante observar a reacção dos alunos, pois o resultado final quando comparado com a amostra inicial é significativamente diferente (Fig. 4.43). Por outras palavras, os alunos tiveram dificuldades em aceitar os resultados da experiência pois fugia-lhes às suas expectativas iniciais. A pergunta comum após experiência com a mini-depuradora foi se podiam beber a água obtida, pois embora o aspecto final da água induzisse *a priori* tratar-se de uma água própria para consumo humano, os alunos após um diálogo acabaram por concluir que essa água não era potável. Dado que poderá conter compostos químicos dissolvidos e microrganismos patogénicos. Aqui foi discutido a importância das análises químicas e microbiológicas à água antes de ser considerada potável.

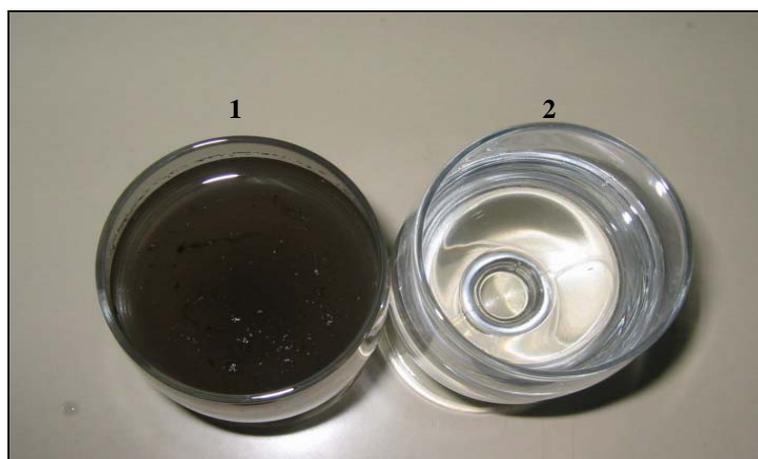


Figura 4.43. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1) e após o tratamento (2).

Estes alunos, após esta primeira etapa experimental, que envolveu o funcionamento da ETA observaram a maquete sobre a rede de abastecimento. Nesta etapa os alunos levantaram as seguintes questões:

Afonso:

- Por onde passa a água? E depois de ser usada para onde vai? [referia-se à maquete e pretendia saber se os canos eram os mesmos].
- Os canos trazem água?
- Os tubos da água que vêm para nossa casa estão debaixo da terra?

Rafael:

- Os tubos entram por baixo ou por trás das casas?
- Antes da água entrar nos tubos para entrar na nossa casa, onde está?

Ana Catarina:

- Quando a água vai para as casas. Onde é que ela vem? Onde está?

Rita:

- Por onde passa a água antes de chegar à nossa casa?
- Como chega a água à nossa casa?
- Como se ligam os tubos às casas?
- Como é que a água é tratada?
- Onde está depositada a água antes de chegar a nossa casa?

Margarida:

- Quero saber se a água vem do rio.
- Depois da água ir para os esgotos para onde é que vai?

Luís Carlos:

- Se a água sai daqui [maqueta] e vai para a mini-depuradora?
- A água depois de tratada [mini-depuradora] vem para o depósito da maqueta? [estabeleceu a ligação entre o tratamento-abastecimento]

Beatriz:

- A água depois de ser usada na nossa casa vai para o tratamento?

Pedro Fontão:

- De onde sai a água que nós bebemos?

Carina:

- Como é que a água passa para as casas?

Francisco:

- Se a água sai suja da nossa casa, como é que vem limpa outra vez?

Bruno:

- Para que servem as ligações dos tubos? [sistema de rede na maqueta]

Marta:

- Para que serve o depósito da maqueta?

Podemos verificar que as questões levantadas pelos alunos centram-se quer nos aspectos estruturais da rede de abastecimento (função dos canos, localização dos canos e ligações entre canos) quer também nas questões da origem da água, tratamento e seu armazenamento, bem como o destino dos efluentes domésticos (águas residuais).

Na etapa seguinte, e após a projecção do filme sobre uma ETAR, abriu-se um diálogo sobre a utilização doméstica da água bem como em outros sectores de actividade. Nesta etapa os alunos levantaram as seguintes questões:

Carina:

- Porque é que a água tem de ir para as bacias [filme]?

Luís Carlos:

- Para onde vai a terra [lamas] que vai no camião?

Marta:

- O que são as bolhas [oxigenação]?

Margarida:

- Como é que a água chega ao tratamento?

Ana Catarina:

- Porque é que é colocada a máquina de registo [verificar nível de poluição] no poço?

Afonso:

- Porque é que a água tem micróbios?
- Porque não se podia pescar no primeiro rio?

Francisco:

- Porque é que os homens têm que verificar a água [nos colectores]?

Rafael:

- Para que é a barra branca [placa elevatória] em cima das bacias?
- Como é que era a qualidade da água naquelas bacias?

Beatriz:

- O que era a coluna que sai o lixo [lamas desidratadas]?

Rita:

- Como é que as pessoas que fazem o tratamento conseguem ver os bichinhos [micróbios]?

Pedro Fontão:

- Porque é que tratam as lamas?

Após o esclarecimento destas questões através do diálogo e de termos concluído o conjunto de actividades experimentais aplicou-se a estes alunos as mesmas quatro perguntas para diagnosticar as concepções acerca do ciclo de uso da água que previamente já tinham sido utilizadas na avaliação dos pré-conceitos destes alunos no 2.º e 3.º anos. Os resultados obtidos pós actividade, referentes à pergunta 1 “*De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?*” constam da Figura 4.44.

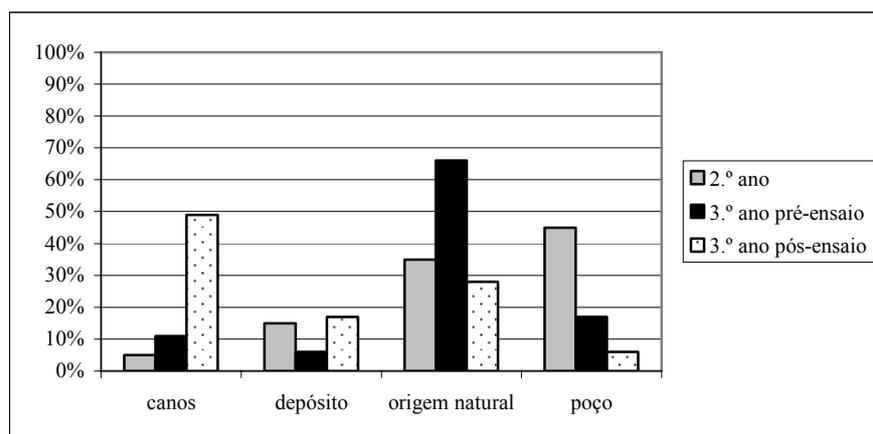


Figura 4.44. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 1 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental.

Os resultados apresentados na Figura 4.44 permitem observar que a categoria canos sofreu uma acentuada alteração no 3.º ano após a fase experimental, passando de 11% para 49%. Verifica-se igualmente uma ligeira mudança de 10% na categoria depósito. Por oposição a estes resultados, verifica-se uma redução de 38% do ponto de captação de origem natural, exactamente igual percentagem de crescimento verificada nos canos. O poço perde 11% em relação aos resultados das respostas obtidas antes do ensaio experimental.

Os resultados obtidos na pergunta 2 "Como chega a água às torneiras da tua casa?" (Fig. 4.45) indicam as três possibilidades da chegada da água às torneiras de casa. A análise dos resultados permite observar que no 2.º ano há uma elevada percentagem (95%) de alunos que consideram a categoria tubo ou cano o meio condutor da água para a sua casa e 5% consideram a categoria canos ou tubos com ligação entre si. Por outro lado, no 3.º ano, quer pré- ou pós-actividade, a categoria tubo ou cano quando comparada com o resultado do 2.º ano, sofre um decréscimo de 95% para 66% e 67%, respectivamente. No que concerne à categoria canos ou tubos sem ligação entre si, somente 17% dos alunos no 3.º ano pré-actividade a indicam. Dado que canos ou tubos sem ligação é uma categoria de transição, esta percentagem desaparece pós-actividade. Adicionalmente, verificamos que os alunos passam a responder mais correctamente à categoria tubos ou canos interligados, ou seja, no 3.º ano pré- e pós-actividade há uma mudança de 17% para 33%, respectivamente.

Estes resultados demonstram que há uma mudança conceptual para conceitos mais correctos mas que os obstáculos à aprendizagem não são transpostos abruptamente. Por outro lado, a percentagem elevadíssima verificada no 2.º ano e continuada no 3.º ano pré e pós-actividade para a categoria tubo ou cano deve-se também a um problema de linguagem do quotidiano do aluno, pois este comumente ouve as expressões “*o cano da água*” ou “*a água vem do cano*”. Este tipo de linguagem poderá criar nos alunos um obstáculo para a aprendizagem deste conceito.

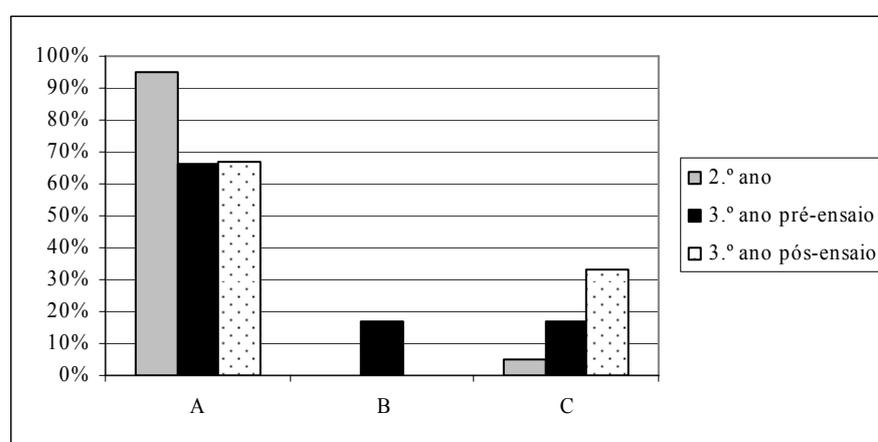


Figura 4.45. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 2 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.

Continuando a análise dos resultados, quanto à pergunta 3 “*Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?*” (Fig. 4.46) observamos que a higiene pessoal (HP) e a higiene doméstica (HD) são aquelas que apresentam maior percentagem, quer no 2.º ano quer no 3.º ano pré e pós-actividade. A alimentação humana (AH) que no 2.º ano apresenta 21% de respostas, eleva-se para 94% no 3.º ano pré-actividade e fixando-se em 89% pós-actividade. Este aumento significativo de 73% e 68% é consequência da valorização da água como fonte alimentar. A alimentação animal (AA) é ignorada pelos alunos do 2.º ano, ao passo que observamos no 3.º ano pré-actividade 6% de alunos a indicarem esta aplicação e 72% pós-actividade. É neste item que observamos uma das maiores mudanças nas respostas após a actividade experimental. A categoria lazer e outras (L) sofreu uma alteração positiva de 17% para 39% entre os alunos do 3.º ano da pré- para a pós-actividade.

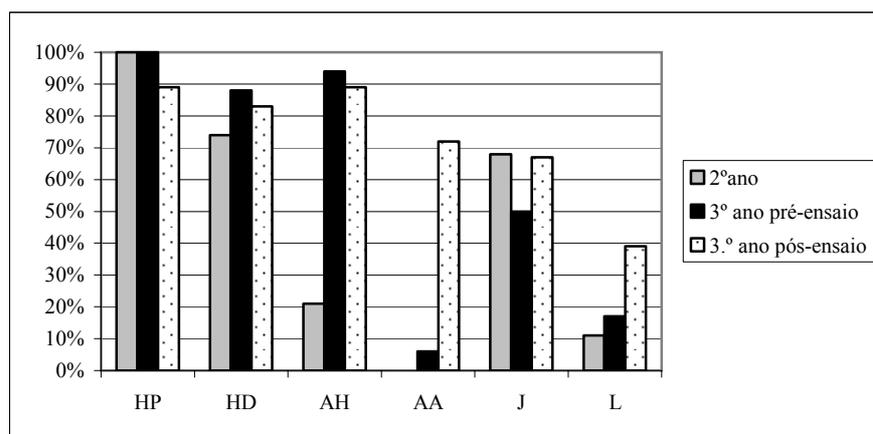


Fig.4.46. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 3 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Finalmente, os resultados obtidos na pergunta 4 “*Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?*” estão apresentados na Figura 4.47. Nesta figura observamos que os alunos enquanto no 2.º ano consideravam dois destinos para a água após a sua utilização: saneamento básico (SB) com 42% e descarga a céu aberto (DCA) com 58%, já no 3.º ano observamos uma alteração positiva de 36% (42% para 78%) indicando o SB, perdendo importância a categoria DCA ficando esta reduzida a cerca de 10% no 3.º ano. Igualmente 11% de alunos do 3.º ano pré-actividade indicaram a fossa (F) como destino final da água após utilização. Após a actividade experimental esta categoria desaparece.

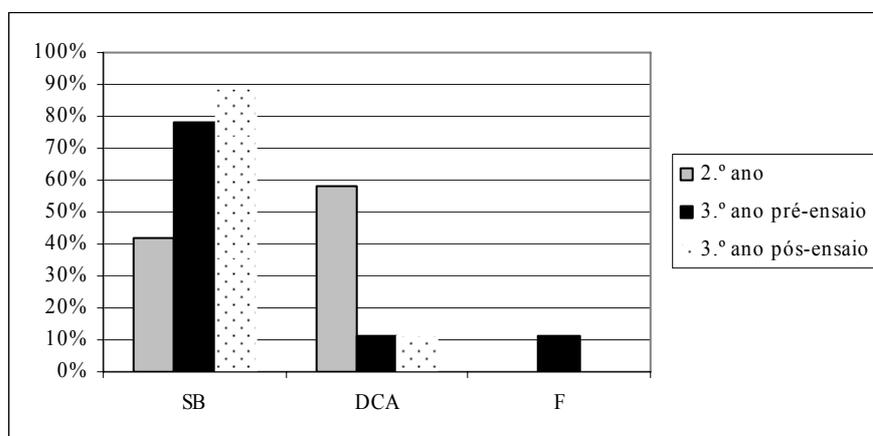


Figura 4.47. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos no 2.º ano e no 3.º ano antes e após a actividade experimental. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.

4.2.6.4. Intervenção numa turma do 4.º ano

Finalmente, apresentamos os resultados de uma turma de alunos do 4.º ano de escolaridade que, em 2005, foi intervencionada pela primeira vez e, assim, sujeita à aplicação das fichas de trabalho com quatro questões, sendo, como já referido anteriormente, o desenho livre a expressão de respostas às questões que lhes foram colocadas, para determinar as suas concepções alternativas.

Após este levantamento, cujos resultados serão discutidos posteriormente, aquando da análise da avaliação pós-actividade, os alunos realizaram as mesmas actividades experimentais já referidas para os alunos do 3.º ano: utilização de uma mini-depuradora, de uma maqueta e visionamento do filme sobre a ETAR.

Os alunos começaram esta actividade por experimentar o funcionamento da mini-depuradora (Fig. 4.48). Para o efeito foi-lhes sendo progressivamente dada informações que lhes permitiu executar a experiência, dentro dos moldes já referidos para os alunos da turma do 3.º ano.



Figura 4.48. Turma do 4.º ano que participou no ensaio experimental sobre a mini-depuradora.

Ao longo desta etapa, foi mais uma vez observada uma reacção muito positiva e participativa dos alunos (Fig. 4.49). O resultado final quando comparado com a amostra

inicial é significativamente diferente (Fig. 4.50). Por outras palavras, estes alunos tiveram as mesmas dificuldades encontradas com os alunos anteriores (3.º ano) em aceitar os resultados da experiência pois fugia-lhes às suas expectativas iniciais. A pergunta comum após experiência com a mini-depuradora voltou a repetir-se e foi se podiam beber a água obtida, pois embora o aspecto final da água induzisse *a priori* tratar-se de uma água própria para consumo humano, os alunos após um diálogo acabaram por concluir que essa água não era potável.



Figura 4.49. Aluno da turma do 4.º ano a participar na primeira fase do ensaio experimental.

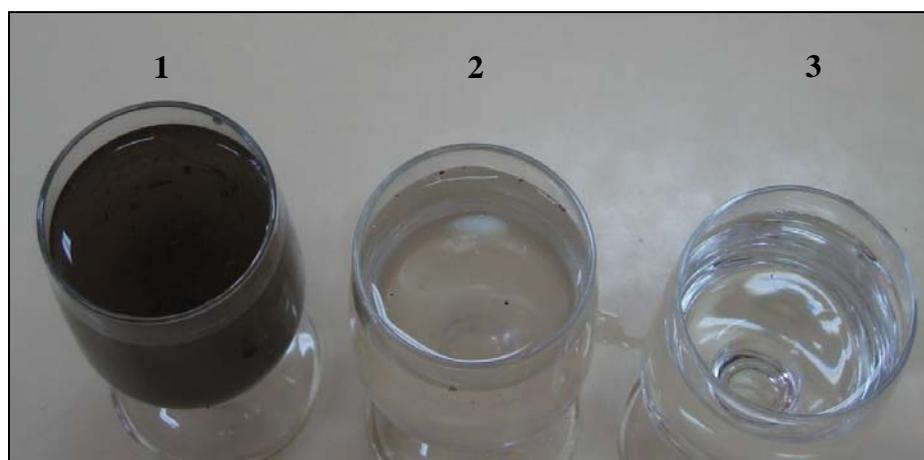


Figura 4.50. Amostra de água antes de ser sujeita ao processo de depuração (1), depois do processo de sedimentação (2), e após o tratamento (3).

Estes alunos, após esta primeira etapa experimental, que envolveu o funcionamento da ETA, observaram a maquete sobre a rede de abastecimento (Fig. 4.51).



Figura 4.51. Observação e estudo da maquete pela turma do 4.º ano.

As questões colocadas pelos alunos do 4.º ano, após estas etapas experimentais, foram as seguintes:

João Pedro:

- Porque há um tubo para cada casa [maquete]?

Miguel:

- Qual a função da areia?

Ângela:

- O que é que se vê à superfície da floculação?

Diogo:

- Para que serve a areia do filtro?

Tiago:

- Já se pode beber [após a conclusão da experiência]?

João Augusto:

- Não se pode beber porque não passou pelo tratamento?

Tiago Manuel:

- Mesmo passando pelo filtro algumas bactérias passam pela água?

Beatriz:

- Consegue-se ter a certeza que a água está mesmo limpa?

Ricardo:

- Como é que a água tipo do rio [mini-depuradora] passou a ser limpa?

Podemos verificar que as questões levantadas por estes alunos centram-se essencialmente nas questões técnicas, sugerindo uma curiosidade natural na procura das justificações para os resultados obtidos durante o processo de depuração na ETA. Somente o João Pedro faz referência à maquete interrogando-se sobre a necessidade de haver um tubo de água para cada casa. Este aluno com esta questão sugeriu-nos que ainda se encontrava na fase do cano ou canos não interligados. Esta nossa hipótese de análise foi corroborada quando fomos conferir os desenhos realizados por este aluno na pré- e pós-actividade: ambos pertenciam à categoria tubo ou cano.

Na etapa seguinte, e após a projecção do filme sobre uma ETAR, abriu-se um diálogo sobre a utilização doméstica da água bem como em outros sectores de actividade. Nesta etapa os alunos levantaram as seguintes questões:

Rui:

- O que é tratamento físico-químico das lamas?

Ricardo Mendes:

- Para que serve o aparelho dentro do colector?

Jorge:

- Como é que a ETAR sabe que uma fábrica deita mais produtos do que é permitido?
- Porque se utiliza o cloro no tratamento de água?

Após o esclarecimento destas questões e de termos concluído o conjunto de actividades experimentais, aplicou-se a estes alunos as mesmas quatro perguntas para diagnosticar as concepções acerca do ciclo de uso da água. Os resultados obtidos pré- e pós-actividade,

referentes à pergunta 1 “De onde vem a água que sai na torneira da tua casa?”, constam da Figura 4.52.

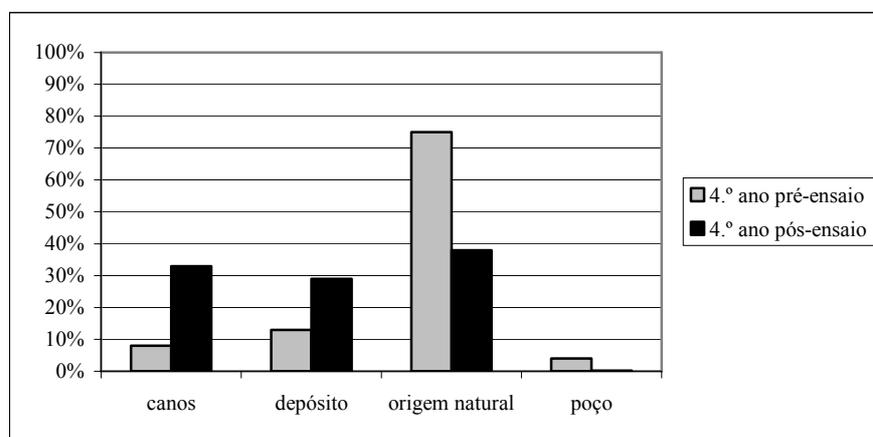


Figura 4.52. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 1 com os alunos do 4.º ano (n=24) antes e após a actividade experimental.

Os resultados apresentados na Figura 4.52 permitem observar que após actividade experimental houve uma alteração positiva no que se refere à indicação de canos com um aumento de 25%, ou seja, passou-se de 8% para 33%, e de depósito com um aumento de 16% (13% para 29%). Por outro lado, a categoria origem natural sofreu um decréscimo acentuado de 37% (de 75% para 38%) após a actividade experimental. A categoria poço de 4% na pré-actividade acaba por desaparecer pós-actividade.

Os resultados obtidos na pré- e pós-actividade com estes alunos do 4.º ano são agora comparados com os resultados obtidos, já descritos e analisados, com outros alunos do 4.º ano a quem foi aplicado, em 2003 no estudo piloto, o pré-teste para levantamento dos pré-conceitos. Esta comparação está apresentada na Figura 4.53.

Da análise destes resultados podemos verificar que há dois pontos de captação com valores semelhantes para os alunos antes de qualquer actividade experimental: canos e depósito. Por outro lado, verifica-se que a categoria origem natural para os alunos de 2005 passa de com 75% para 38% ficando muito aquém da percentagem de 16% obtida pelos alunos de 2003. Quanto à categoria poço, os alunos de 2003 indicaram maioritariamente (63%) a categoria poço, ao passo que 4% de alunos de 2005 referem esta categoria antes da actividade experimental.

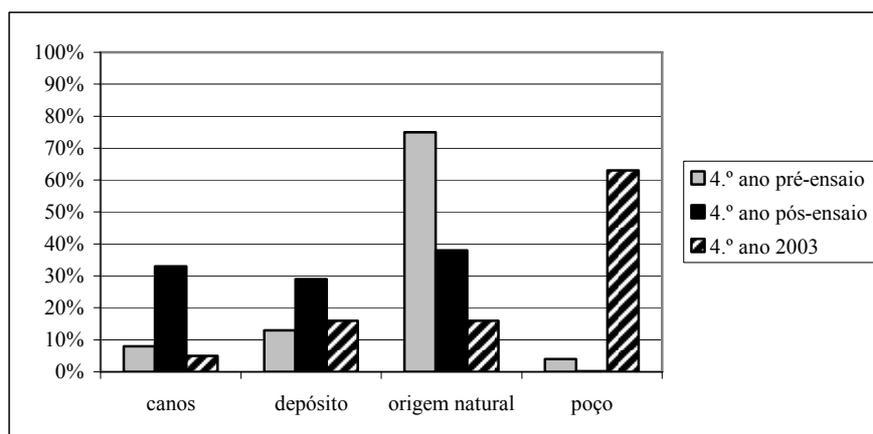


Figura 4.53. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 1 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto.

Como já feito anteriormente, procedeu-se à análise do tipo de habitação relacionando-o com a categoria de respostas obtidas à pergunta 1 e cujos resultados podem ser observados na Figura 4.54 para os alunos de 2005. Para os alunos de 2003 os resultados estão apresentados na Figura 4.16.

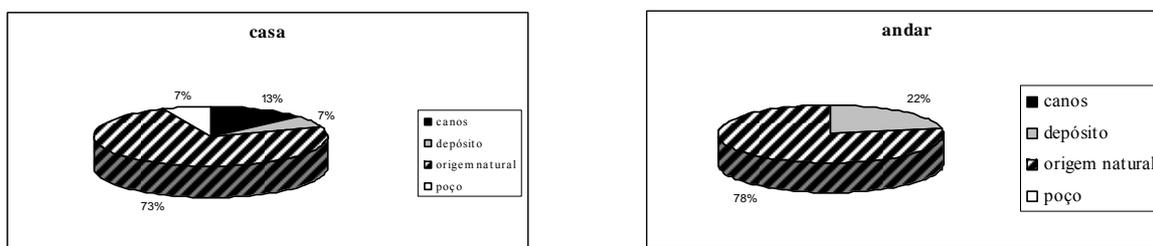


Figura 4.54. Distribuição dos resultados obtidos na Figura 4.53 para os alunos no 4.º ano em 2005 (casa, n=15; andar, n=9).

Analisando a distribuição das respostas dadas à pergunta 1 e estabelecendo uma correlação com o tipo de habitação, verifica-se que os alunos de 2005, cujo tipo de habitação é uma casa ou um andar indicaram respectivamente 73% e 78% a categoria origem natural como tipo de captação de água. Os alunos de 2003 cujo tipo de habitação é uma casa ou um andar indicaram respectivamente 80% e 45% a categoria poço como tipo de captação de água (ver Fig. 4.16).

Os resultados obtidos na pergunta 2 "Como chega a água às torneiras da tua casa?" estão apresentados na Figura 4.55.

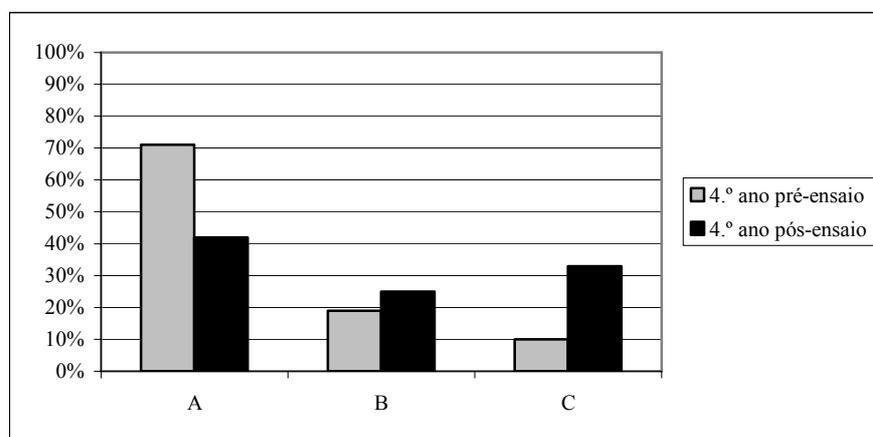


Figura 4.55. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 2 com os alunos no 4.º ano (n=24) antes e após a actividade experimental. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.

Os resultados apresentados na Figura 4.55 permitem observar que antes da actividade experimental 71% dos alunos indicou o tubo ou cano como meio condutor da água para casa, 19% tubos ou canos sem ligação entre si e, por último, 10% tubos ou canos interligados. Estes resultados pós-actividade sofrem uma alteração demonstrando uma evolução para o conceito mais correcto (sistema de rede de distribuição). A categoria tubo ou cano sofreu uma redução de 71% para 42%, enquanto a categoria tubos ou canos sem ligação obteve uma pequena alteração de 19% para 25%. A categoria tubos ou canos interligados sofre uma alteração positiva, dado que passa de 10% para 33%, após actividade. Verificamos assim que os alunos pós-actividade passam para categorias progressivamente mais correctas (tubos ou canos sem ligação) ou correctas (tubos ou canos interligados) deixando para trás, aparentemente, as suas concepções alternativas.

Os resultados obtidos na pré- e pós-actividade com estes alunos do 4.º ano são agora comparados com os resultados obtidos com outros alunos do 4.º de 2003. Esta comparação está apresentada na Figura 4.56.

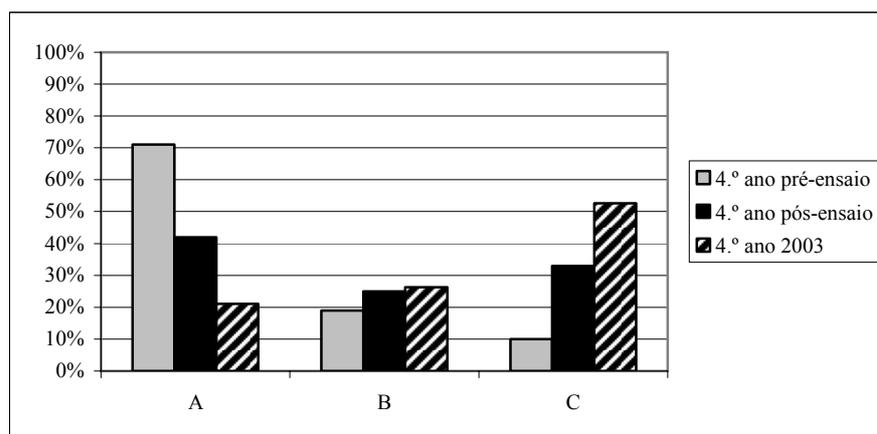


Figura 4.56. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 2 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (A) tubo ou cano; (B) tubos ou canos sem ligação, (C) tubos ou canos interligados.

Da análise destes resultados podemos verificar que há uma grande discrepância entre as duas turmas. Verificamos globalmente que a turma de 2003, mesmo sem qualquer actividade experimental focalizada neste tema em análise, apresenta um melhor desempenho quando comparada com a turma de 2005 pós-actividade. Este resultado pode ser justificado por a turma de 2003 ter sido considerada uma turma de excepção no seu desempenho cognitivo.

Quanto à pergunta 3 “*Que utilidade (uso) dás à água que usas na tua casa?*” os resultados obtidos são de uma grande expressividade, pois as percentagens pós-actividade experimental mostram uma alteração acentuada em todos os itens considerados (Fig. 4.57).

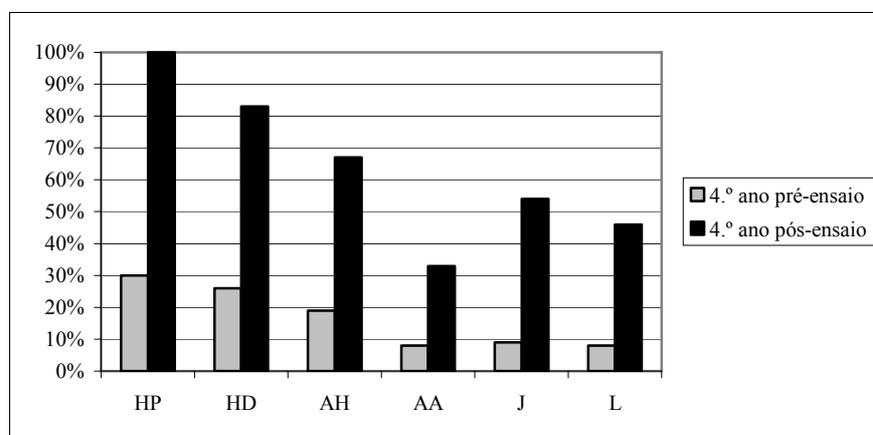


Figura 4.57. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 3 com os alunos no 4.º ano antes e após a actividade experimental. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Os resultados obtidos na pré- e pós-actividade com estes alunos do 4.º ano são agora comparados com os resultados obtidos com outros alunos do 4.º de 2003. Esta comparação está apresentada na Figura 4.58.

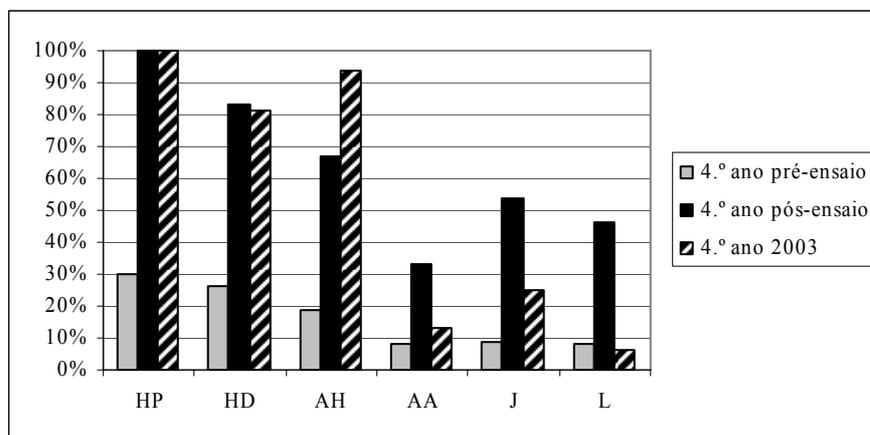


Figura 4.58. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 3 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (HP) higiene pessoal; (HD) higiene doméstica; (AH) alimentação humana; (AA) alimentação animal; (J) jardinagem; (L) lazer e outros.

Comparando os resultados obtidos (Fig. 4.58) nas duas turmas podemos concluir que, no que se refere à higiene pessoal (HP) e à higiene doméstica (HD), a percentagem de respostas obtidas na pós-actividade do 4.º ano de 2005 são semelhantes aos resultados obtidos na pré-actividade com os alunos de 2003. A alimentação humana apresenta um valor superior de respostas dadas pelos alunos de 2003. Os alunos de 2003 manifestam, mais uma vez, melhor desempenho quando comparados com os alunos de 2005 sem intervenção pedagógica.

Finalmente, os resultados obtidos na pergunta 4 “*Para onde vai a água depois de ser utilizada (usada) por ti?*” estão apresentados na Figura 4.59.

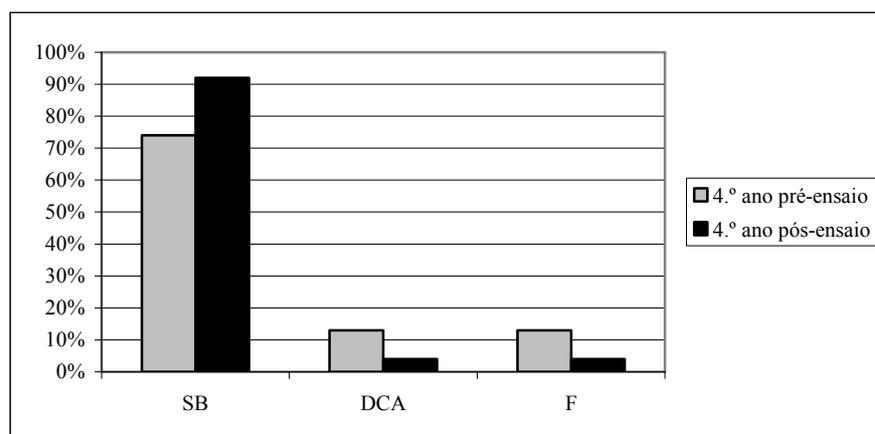


Figura 4.59. Evolução dos resultados obtidos à pergunta 4 com os alunos no 4.º ano antes e após a actividade experimental. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.

A análise dos resultados (Fig. 4.59) permite observar que após a actividade experimental houve uma alteração positiva de 74% para 92% na indicação de respostas que consideram o saneamento básico como destino da água após a sua utilização. Este aumento foi acompanhado por uma redução de 9% quer na categoria descarga a céu aberto quer na categoria fossa.

Os resultados obtidos na pré- e pós-actividade com estes alunos do 4.º ano são agora comparados com os resultados obtidos com outros alunos do 4.º de 2003. Esta comparação está apresentada na Figura 4.60.

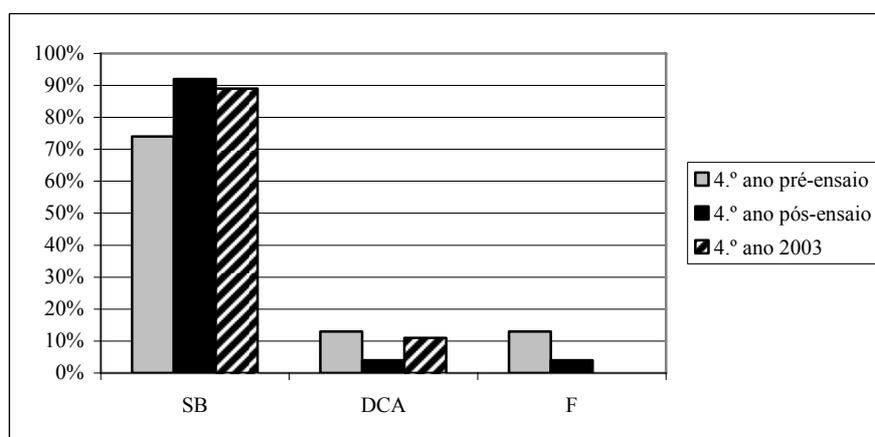


Figura 4.60. Análise comparativa dos resultados obtidos à pergunta 4 com duas turmas do 4.º ano: turma intervencionada em 2005 (pré- e pós-ensaio) e turma de 2003 onde se realizou o levantamento de pré-conceitos no estudo piloto. (SB) saneamento básico; (DCA) descarga a céu aberto; (F) fossa.

Comparando os resultados obtidos nas duas turmas (Fig. 4.60), verificamos que as percentagens das respostas são aproximadas, no que se refere ao saneamento básico, para os alunos de 2005 pós-actividade com os alunos de 2003. A percentagem de respostas referentes à descarga a céu aberto são semelhantes nas duas turmas quando comparados os alunos sem qualquer intervenção experimental. Por último a categoria fossa, não existente para os alunos de 2003, sofreu uma redução pós-actividade experimental, quando comparado com os valores obtidos na pré-actividade.

4.3. Estudo 3: Estudo das mudanças das concepções alternativas sobre a poluição agro-química

Na primeira fase deste estudo foram envolvidas duas turmas G e B do 4.º ano de escolaridade de duas escolas, de diferentes concelhos, não intervencionadas anteriormente. Para o diagnóstico das concepções alternativas dos alunos foi utilizada uma ficha formativa composta por um conjunto de três gravuras e um questionário de sete perguntas versando os problemas relacionados com a poluição agro-química. Os resultados obtidos são apresentados de seguida.

4.3.1. Diagnóstico das concepções alternativas dos alunos

As concepções alternativas dos alunos foram determinadas através da aplicação da ficha formativa, já referida, que na sua 1.ª parte apresentava um desenho que o aluno ao pintar minuciosamente fosse capaz de perceber a progressiva intervenção humana, ao longo do tempo, na degradação da natureza, e em especial, o recurso hídrico, quer pela poluição agro-química quer pelas descargas de origem urbana. A Figura 4.61 põe em evidência a consecução desse objectivo, em primeiro lugar porque a aluna conseguiu demonstrar as diferentes tonalidades que o rio pode tomar consoante o tipo de impacte exercido sobre ele. Em segundo lugar, a cor dos esgotos apresentam a mesma cor do rio, levando a concluir que a aluna tem consciência da forte carga poluente que é exercida em muitos corpos hídricos do seu meio envolvente. E, por outro lado, foi complementado com as sete perguntas que demonstraram, de facto, compreender o significado contido nas três figuras.

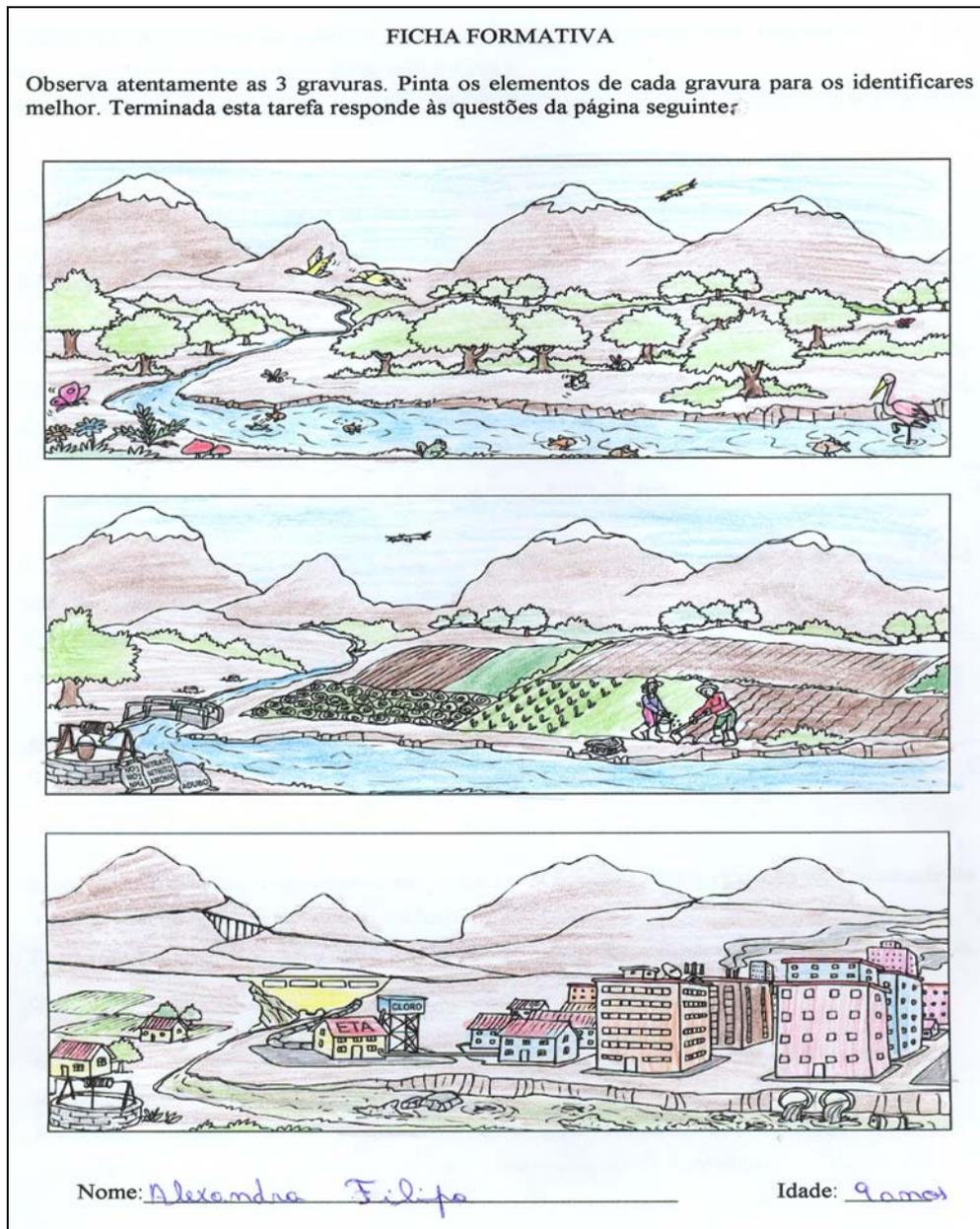


Figura 4.61. Pintura do desenho, 1.ª parte da ficha formativa de uma aluna do 4.º ano (turma G, Vera, 9 anos).

Os resultados obtidos na ficha formativa (questionário pré-actividade experimental) com os alunos da turma G (que aferiram a compreensão dos alunos sobre o que pintaram) estão apresentados na Figura 4.62.

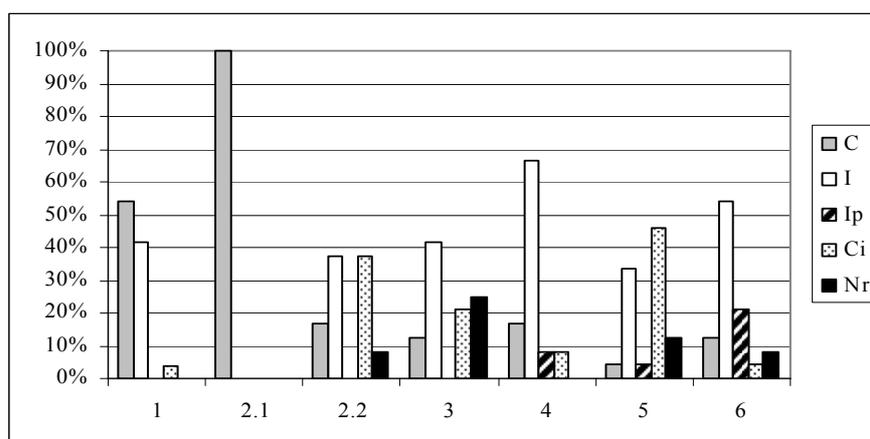


Figura 4.62. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma G. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde.

Os resultados obtidos (Fig. 4.62) permitem concluir que:

- Questão 1. 54% dos alunos responderam correctamente, enquanto 42% responderam incorrectamente. Isto significa que uma elevada percentagem de alunos não distinguiu a potabilidade da água para consumo.
- Questão 2.1. 100% de respostas foram *Correctas*, significando que todos os alunos identificaram a actividade expressa na segunda gravura.
- Questão 2.2. Uma fraca percentagem (17%) de respostas estavam *Correctas*, enquanto se verifica uma percentagem significativa de respostas *Incorrectas* (37,5%) e o mesmo resultado (37,5%) foi obtido com respostas *Correctas mas incompletas*, enquanto 8% dos alunos *Não respondem*. Os resultados apontam para um desconhecimento da função dos fertilizantes utilizados na agricultura.
- Questão 3. Quanto a esta questão 13% das respostas foram *Correctas*, 21% *Correctas mas incompletas* e 42% *Incorrectas*. Isto significa que adicionando as respostas *Correctas* com as *Correctas mas incompletas* obtemos uma percentagem inferior (34%) comparada

com a percentagem (66%) resultante da adição das respostas *Não respondeu* com as *Incorrectas*. Concluimos que os alunos não sabem e/ou desconhecem o destino do adubo que não é utilizado pelas plantas.

- Questão 4. Obtivemos 17% de respostas *Correctas*, 67% *Incorrectas*, 8% *Incorrectas parcialmente* e, finalmente, 8% *Correctas mas incompletas*. Nestes resultados há, portanto, um saldo francamente negativo, o que demonstra que os alunos desconhecem a distinção entre água potável e água límpida e qual o impacte dos fertilizantes na contaminação desta.
- Questão 5. Nesta questão obteve-se a menor percentagem de respostas *Correctas* (4%), seguindo-se 33% de *Incorrectas*, 4% *Incorrectas parcialmente*, 46% de *Correctas mas incompletas* e, finalmente, 13% *Não responde*. Estes resultados demonstram que os alunos desconhecem a função do cloro no tratamento da água.
- Questão 6. Das respostas obtidas 13% foram *Correctas*, 54% *Incorrectas*, 21% *Incorrectas parcialmente*, 4% *Correctas mas incompletas* e, por último 8% *Não responde*. Com estas respostas os alunos demonstram desconhecer que a água quanto mais próxima da nascente mais limpa se encontra.

A mesma ficha formativa foi aplicada à turma B cujos alunos não vão ser submetidos a actividades experimentais. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4.63 e permitem concluir que:

- Questão 1. Das respostas obtidas 88% foram *Incorrectas* e 12% *Incorrectas parcialmente*. Podemos concluir que estes alunos não distinguem as condições necessárias para a potabilidade da água para consumo.
- Questão 2.1. 100% de respostas obtidas foram *Correctas*, pelo que podemos afirmar que estes alunos identificam a actividade expressa na segunda gravura.
- Questão 2.2. Das respostas obtidas a esta questão 31% foram *Correctas*, 25% *Incorrectas*, 6% *Incorrectas parcialmente* e, por último, 38% *Correctas mas incompletas*. Estes resultados apontam para que cerca de 3/4 dos alunos conhece a importância da utilização dos fertilizantes na agricultura. Este resultado pode ser explicado pelo facto desta escola estar inserida num meio essencialmente rural, ao passo que a escola da turma G está enquadrada num meio industrial e suburbano.
- Questão 3. Nesta questão obteve-se 100% de respostas *Incorrectas*. De realçar que, se por um lado na questão anterior muitos alunos manifestaram conhecer o efeito do adubo na

agricultura, por outro lado, mostraram igualmente desconhecerem o destino do adubo que não é utilizado pelas plantas.

- Questão 4. Das respostas obtidas 6% foram *Correctas*, 68% *Incorrectas*, 13% *Incorrectas parcialmente* e, 13% *Correctas mas incompletas*. A elevada percentagem de respostas incorrectas demonstra que estes alunos desconhecem a distinção entre água potável e água límpida e qual o impacte dos fertilizantes na contaminação desta.
- Questão 5. As respostas obtidas distribuem-se por 13% de *Incorrectas* e 87% de *Correctas mas incompletas*. Estes alunos indicaram as seguintes expressões relativamente à função do cloro na água: “para ficar limpa”, “para ficar tratada”, “para ficar limpa e tratada”, “para ajudar a limpar”, “o cloro limpa a água”, “para ficar boa”, etc. Apesar da referência mais comumente utilizada “para ficar limpa” não sabiam de que modo o cloro exercia a sua acção sobre a qualidade da água pelo que foram classificadas de *Correctas mas incompletas*.
- Questão 6. Das respostas obtidas 44% foram *Correctas*, 25% *Incorrectas*, 6% *Incorrectas parcialmente*, 13% *Correctas mas incompletas* e, 12% *Não responde*. Estes resultados revelam que um elevado número de alunos compreendeu o porquê da captação mais próxima da nascente.

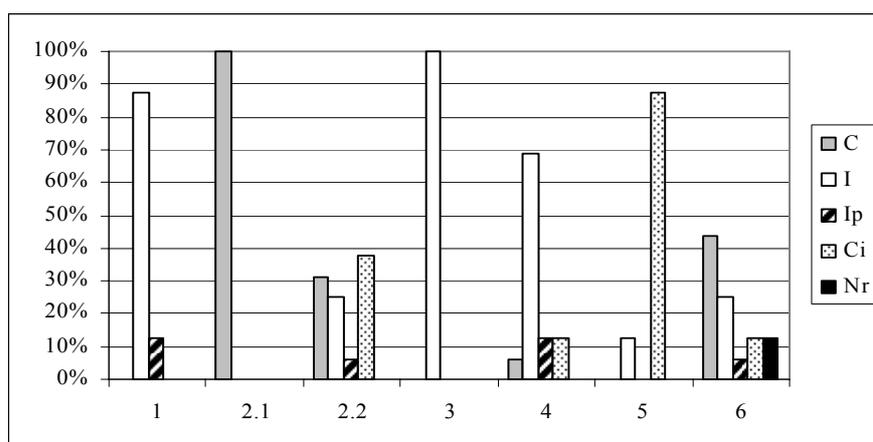


Figura 4.63. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma B. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde.

4.3.2. Componente experimental

Os alunos da turma G foram sujeitos a uma intervenção prática que tinha por objectivo a análise de parâmetros físico-químicos da água, como a temperatura, o pH, o cloro e os contaminantes azotados (nitratos, nitritos e amónia) existentes na água do rio, poço e lençóis freáticos. A turma foi dividida em cinco grupos (G1 a G5) que analisaram cinco amostras de água diferentes, representativas do seu meio envolvente, e registavam individualmente os seus resultados na tabela distribuída. As actividades foram efectuadas em contexto de sala de aula.

Os resultados obtidos nas amostras de água analisadas pelos grupos de alunos, nos diferentes parâmetros de análise, estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Resumo dos resultados obtidos nas análises efectuadas às 5 amostras de água de diferentes pontos de captação e os valores VMA legais.

Nome da amostra / Local	Temp. (°C)	pH	Cloro (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Amónia (mg/l)
G1 / Escola	15	7	0,02	1	0	0
G2 / Poço Igreja	18	4	0,00	60	0,025	0
G3 / Poço Tanque	18	9,5	0,00	0	0,025	0,25
G4 / Fonte Avenida	17	6	0,00	10	0,025	4,0
G5 / Poço Quinta	18	6,5	0,02	120	0,05	0,25
Valor Máx. Admissível	-	6,5 a 8,5	0,3 a 0,8	50	0,1	0,5

Após a conclusão dos ensaios experimentais acima referidos os alunos foram esclarecidos de como deveriam interpretar as três gravuras constantes na ficha formativa. Decorrida uma semana, para avaliar as aprendizagens da implementação da actividade prática, utilizou-se novamente a mesma ficha formativa (pós-actividade). Os resultados das fichas formativas aplicadas antes e após o trabalho experimental estão apresentados na Figura 4.64.

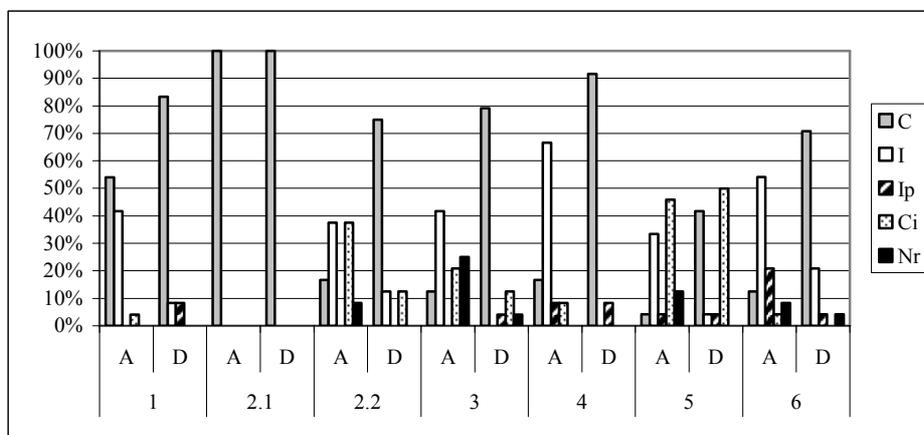


Figura 4.64. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma G antes (A) e após (D) as actividades experimentais. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde.

Os resultados obtidos permitem concluir que os alunos sujeitos à intervenção prática, obtiveram uma elevada percentagem de respostas correctas quando comparadas com as respostas obtidas antes da intervenção. Assim, as diferenças percentuais verificadas entre o pré- e o pós-questionário, constam na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Diferença percentual para as respostas *Correctas* obtidas na ficha formativa aplicada aos alunos da turma G, antes e depois da intervenção experimental. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?.

Alunos com intervenção experimental							
	1	2.1	2.2	3	4	5	6
Antes	54%	100%	17%	13%	17%	4%	13%
Depois	83%	100%	75%	79%	92%	42%	71%
Diferença	+29%	0%	+58%	+66%	+75%	+38%	+58%

As diferenças, ou as alterações positivas, observadas indicam que as perguntas 2.2, 3, 4 e 6 revelam um crescimento superior a 50%, traduzindo-se numa significativa mudança de concepções, seguido das perguntas 1 e 5 onde as mudanças de concepção não foram tão evidentes. Quanto à questão 2.1 não se previa qualquer alteração.

4.3.3. Componente teórico-formal

Os alunos da turma B foram sujeitos a uma intervenção teórico-formal. Estes, após executarem a mesma ficha formativa, receberam unicamente uma explicação teórica sobre todas as questões que pretendiam ver esclarecidas acerca da interpretação das gravuras. Após uma semana, foi aplicada a estes alunos a mesma ficha formativa, obtendo-se os resultados apresentados na Figura 4.65.

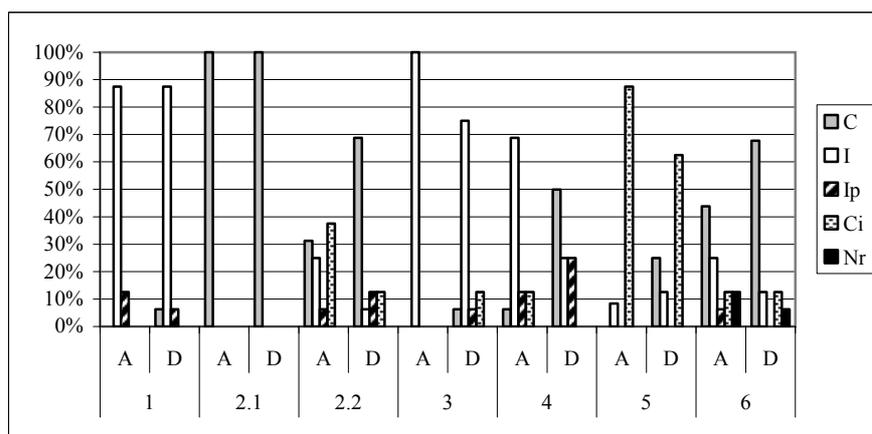


Figura 4.65. Distribuição relativa dos resultados obtidos nas respostas da ficha formativa com os alunos da turma B antes (A) e após (D) a intervenção teórico-formal. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?. (C) Correcta; (I) Incorrecta; (Ip) Incorrecta parcialmente; (Ci) Correcta mas incompleta; (Nr) Não responde.

As diferenças percentuais verificadas entre o pré- e o pós-questionário, constam na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Diferença percentual para as respostas *Correctas* obtidas na ficha formativa aplicada aos alunos da turma B, antes e depois da intervenção teórico-formal. As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?.

Alunos sem intervenção experimental							
	1	2.1	2.2	3	4	5	6
Antes	0%	100%	31%	0%	6%	0%	44%
Depois	6%	100%	69%	6%	50%	25%	69%
Diferença	+6%	0%	+38%	+6%	+44%	+25%	+25%

As diferenças percentuais expressas nas duas Tabelas 4.7 e 4.8, referentes às respostas *Correctas*, obtidas nas duas turmas, estão apresentadas na Figura 4.66.

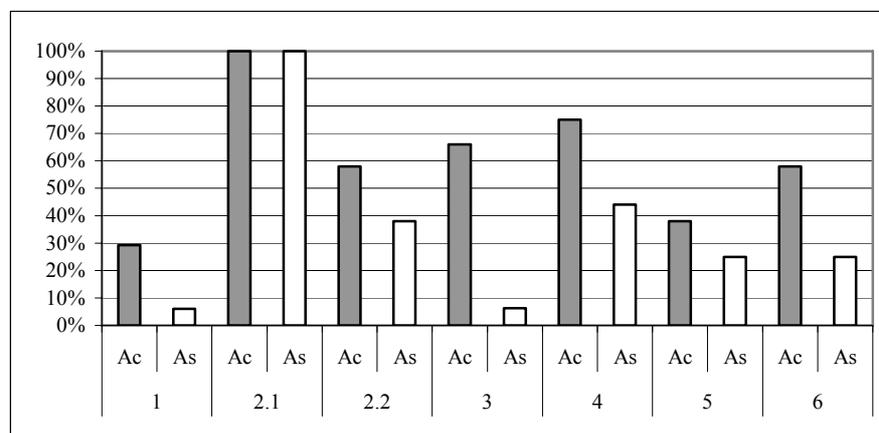


Figura 4.66. Distribuição das percentagens de respostas *Correctas* obtidas nas duas turmas G e B, nomeadamente, com actividade experimental (Ac = Alunos com actividade experimental) e sem actividade experimental (As = Alunos sem actividade experimental). As perguntas da ficha formativa: 1. Olha para a paisagem da primeira gravura e imagina-te a passear nela num dia de calor. Se tiveres sede poderás beber água deste rio? Justifica.; 2. Na segunda gravura está representada uma actividade profissional muito importante. 2.1. A que actividade se refere?; 2.2. Qual a importância da utilização dos adubos (nitratos, nitritos, amónia, etc.) para esta actividade?; 3. Observa novamente a segunda gravura e diz qual o destino que poderá ter o adubo que não é utilizado pelas plantas?; 4. Achas que poderás beber a água do poço representado na segunda gravura? Justifica.; 5. Na terceira gravura, a água que chega às casas foi tratada na ETA (Estação de Tratamento de Águas). Porque razão se lhe juntou o Cloro?; 6. Observa novamente a terceira gravura e diz se haverá alguma razão para a ETA ir captar a água mais próxima da nascente do rio do que junto à cidade?.

Pela análise da Figura 4.66 podemos concluir que, à excepção da questão 2.1, a diferença percentual de questões *Correctas* entre a ficha formativa inicial e a avaliação pós-actividade é mais elevada nos alunos sujeitos à actividade experimental. Logo, os resultados obtidos na turma experimental (turma G) permitem concluir que os alunos sujeitos à intervenção experimental obtiveram uma elevada percentagem de respostas *Correctas*, quando comparados com os resultados obtidos na turma controlo (turma B). Para este grupo controlo também se registou uma alteração positiva no desempenho dos alunos, mas este muito mais limitado quando comparado com os alunos sujeitos à intervenção experimental. Este facto é explicado pelo tipo de ensino-aprendizagem que foi aplicado à turma controlo que, após executar a mesma ficha formativa, recebeu unicamente uma explicação dos conteúdos de forma teórica-formal.

CAPÍTULO 5

Conclusões, Recomendações e Perspectivas Futuras

A análise dos manuais do 1.º Ciclo do Ensino Básico, demonstrou que a problemática ambiental é iniciada no 3.º ano de escolaridade com a abordagem de algumas causas e consequências da poluição, mas aponta uma única solução, o tratamento de águas residuais.

Do manual do 3.º para o 4.º ano, verificou-se que alguns temas apresentam recorrência e sequencialidade de conteúdos, mas as soluções são ao nível da prevenção e não ao nível do tratamento. O manual do 4.º ano apresenta uma experiência prática relacionada com as chuvas ácidas.

No 2.º ciclo, o manual do 5.º ano (Parte2) estabelece uma recorrência e sequencialidade de conteúdos em relação ao 1.º ciclo e um maior grau de desenvolvimento/aprofundamento, estabelecendo uma transição de conteúdos adequados à ligação entre ciclos. Não apresenta o tratamento da água como solução mas como condição essencial à obtenção de água de qualidade para o consumo humano, sendo o factor de segurança antecipada seja qual for a sua origem. Não contem actividades experimentais.

O manual do 6.º ano apresenta somente uma breve referência à poluição em geral. Não expressa uma recorrência nem sequencialidade de conteúdos em relação ao 5.º ano, manifestando um desfaseamento na transição/continuidade e aprofundamento entre estes dois anos de escolaridade do 2.º ciclo e que determinam a mudança de ciclo.

O 3.º ciclo que inclui os manuais do 7.º e 8.º anos nada referem sobre os parâmetros em análise, demonstrando uma desarticulação entre conteúdos e continuidade entre anos de escolaridade. O 9.º ano não tem a área curricular disciplinar de Ciências Naturais (não constam do plano curricular) e por isso também não apresenta uma articulação recorrente e sequencial, apesar de na sua inexistência ter sido substituído pelo manual de Geografia. Este enumera desenvolvidamente as causas e consequências da poluição mas não apresenta soluções.

O Currículo Nacional do Ensino Básico estabelece uma sequencialidade de conteúdos entre os diferentes ciclos em torno de quatro temas organizadores, sendo que só um deles,

sustentabilidade na Terra, está relacionado com o presente estudo. No entanto, o ciclo do uso da água, primeiro parâmetro de análise, não é abordado nem a nível curricular, bem como já foi referido nem a nível dos manuais (com excepção do manual do 5.º ano de escolaridade). De igual modo, também a experimentação não é sugerida. Por outro lado, o currículo estabelece uma relação de continuidade ao apresentar os temas a desenvolver, não os compartimentando por anos no 3.º ciclo, conduzindo a que os manuais ignorem, talvez, esta vertente. Finalmente, não há uma relação entre as orientações curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação no que se refere aos manuais do 6.º ano e do 3.º ciclo porque os conceitos não são distribuídos/desenvolvidos verticalmente ao longo dos diferentes anos e ciclos com uma recorrência e sequencialdade programática e aprofundamento crescente acompanhado o desenvolvimento etário e cognitivo dos alunos. Ao sugerir que os aspectos sobre a *sustentabilidade na Terra* sejam dados de modo transdisciplinar ou, então, seja aproveitada a Área do Projecto, torna este tema facultativo e não prioritário.

Através do estudo piloto aferiram-se os instrumentos necessários para a generalização do estudo, determinando as concepções alternativas dos alunos acerca do ciclo do uso da água. A generalização do estudo permitiu efectuar uma análise comparativa entre os diferentes anos de escolaridade dos alunos do 1.º ciclo. No que se refere à chegada da água às suas casas referiram o tubo ou cano sem ligação entre si como elementos fundamentais, essencialmente nos três primeiros anos de escolaridade, com especial destaque para o 2.º ano que atingiu a maior percentagem de respostas na indicação de tubo ou cano, mas não indicaram tubos ou canos sem ligação entre si, manifestando ausência intermédia conceptual. A noção de rede de distribuição, ou seja, os tubos ou canos interligados, observada nos quatro anos de escolaridade, atinge o maior número de respostas no 4.º ano, significando que à medida que há um desenvolvimento etário há também uma evolução cognitiva em que vão sendo substituídas gradativamente as noções conceptuais. Neste caso, o tubo ou cano evolui até rede de abastecimento que corresponde à noção mais adequada. As noções de distribuição de água indicadas pelos alunos reflectem uma vivência porque as suas concepções não resultam de um conhecimento formal veiculado pela escola. Estes resultados têm importância acrescida pois poderão tornar-se indicadores do estágio de desenvolvimento destes alunos.

No que se refere à utilidade da água, os alunos atribuíram grande significado à higiene pessoal e higiene doméstica, excepto o 1.º ano que ignora totalmente esta categoria. O 3.º e 4.º anos também dão grande relevância à alimentação humana, enquanto o 2.º ano valoriza a jardinagem. Estes resultados concordam globalmente com os gastos de água para fins domésticos reflectindo o quotidiano destes alunos.

Finalmente, sobre o destino da água após utilização há uma grande incidência de respostas que indicaram o saneamento básico como destino da água, destacando-se ainda duas linhas expressivas de tendência: no 2.º ano a descarga a céu aberto e no 1.º ano a fossa. Ao verificar a mais elevada percentagem de respostas na indicação de saneamento básico no 4.º ano, mais uma vez se confirma a substituição de noções mais adequadas à medida que o nível etário aumenta sem que haja a intervenção escolar.

O acompanhamento de uma turma ao longo de dois anos lectivos (no 2.º e 3.º anos) permitiu confirmar que a mudança conceptual (para conceitos mais correctos) produzida está relacionada com a evolução etária dos alunos sem que houvesse intervenção escolar uma vez que o ciclo do uso da água não faz parte do conteúdo programático dos manuais ou curricular. Para compensar a ausência deste conteúdo desenvolveram-se actividades que permitiram aos alunos contactarem com experiências conducentes à clarificação e consolidação dos conceitos envolvidos no ciclo do uso da água. A avaliação permitiu observar que estas experiências produziram ganhos na aquisição de competências cognitivas.

Ao dar-se o mesmo tratamento e a aplicação dos ensaios experimentais a uma turma do 4.º ano houve uma alteração conceptual positiva, comparativamente com os resultados obtidos antes e após ensaio experimental. Os resultados destes alunos também foram comparados com os resultados obtidos com a turma do 4.º ano pertencentes ao estudo piloto. Também os alunos do 4.º ano pós-actividade passaram para categorias progressivamente mais correctas (tubos ou canos sem ligação) ou correctas (tubos ou canos interligados, ou seja, rede de abastecimento) substituindo, aparentemente, as suas concepções alternativas. A comparação com a outra turma do 4.º ano (2003) que era uma turma de excepção,

demonstrou que mesmo sem a componente experimental, apresentou um melhor desempenho.

A determinação das concepções alternativas sobre a poluição agro-química através de instrumentos específicos e a criação de materiais para as actividades experimentais com um novo grupo de alunos do 4.º ano (duas turmas) permitiu aferir o grande impacto produzido entre duas turmas que sofreram tratamento dissemelhante, ou seja, uma turma foi intervencionada com carácter teórico-formal enquanto outra foi submetida a uma intervenção experimental.

Os resultados obtidos nestas duas turmas assumem efeitos diferentes quando comparados com antes e pós intervenção. Os alunos sujeitos à intervenção prática (turma G), obtiveram uma elevada percentagem de respostas correctas quando comparadas com as respostas obtidas antes da intervenção. Também a turma B mostrou alterações positivas entre a determinação das concepções pré- e -pós intervenção teórico-formal. As diferenças percentuais obtidas nas duas turmas demonstram que os alunos sujeitos à intervenção experimental obtiveram uma elevada percentagem de respostas *Correctas*, quando comparadas com os resultados obtidos na turma não sujeita à intervenção experimental.

Em conclusão, os instrumentos pedagógicos propostos recusam claramente uma abordagem simplista e de observação passiva da Natureza e da Ciência e incorporam questões como: (a) Como funciona o ciclo de uso da água? (b) Como se faz a gestão e distribuição da água? (c) Quais as causas e consequências da perda da qualidade da água de consumo? (d) Como solucionar o problema da poluição dos reservatórios naturais de água doce? (e) Porque se trata a água de consumo?

As diferenças dos resultados obtidos justificam-se pela dinâmica criada em contexto de sala de aula, pelas actividades experimentais realizadas, pelas questões levantadas, sua discussão, e procura de respostas. Estas abordagens levaram os alunos a uma forma activa de participação e construção do seu próprio conhecimento. Com este tipo de actividades por nós desenvolvidas e aplicadas, pretendeu-se que os alunos adquirissem conhecimentos e capacidades, desenvolvessem e interiorizassem atitudes e valores para compreenderem a

realidade envolvente, e suas repercussões, de forma a assumirem, no futuro, o papel de cidadãos activos e intervenientes na problemática ambiental em permanente transformação. Para atingir esta finalidade relevante, o ensino experimental deverá promover a compreensão, análise e avaliação crítica da problemática da água que afecta a Humanidade e a tomada de posições futuras.

O ensino experimental no 1.º Ciclo do Ensino Básico é uma possibilidade metodológica de excelência para a educação em geral e, em particular, para a Educação Ambiental. Este alarga e reforça a vertente da formação para a valorização/consciencialização da necessidade do uso sustentável da água e para toda a problemática com ela relacionada, especialmente a escassez e a qualidade. Os conteúdos, intencional e criteriosamente seleccionados, deverão suscitar aprendizagens e dinâmicas promotoras de valores e atitudes fundamentais para o exercício futuro da cidadania em contextos cada vez mais amplos e complexos. Por outro lado, compete aos professores criar as condições para que os alunos possam aprender a agir localmente para poderem de forma consciente pensarem globalmente. Em síntese, os alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico confrontados com estas propostas pedagógicas de ensino experimental foram desafiados a:

- a) desenvolver o pensamento crítico;
- b) desenvolver a capacidade de tomar decisões;
- c) procurar solucionar problemas concretos.

Por outras palavras, foram desafiados a aumentar significativamente a sua literacia ambiental.

Ao terminar este estudo, e após toda a nossa experiência adquirida, gostaríamos de apresentar como recomendações que:

- 1) os Programas Nacionais incorporem o ciclo do uso da água de forma progressiva e mais complexa desde o 1.º Ciclo até ao 3.º Ciclo do Ensino Básico;
- 2) que os manuais incorporem, e de forma correcta, o ciclo de uso da água bem como a necessidade de usar este escasso recurso com racionalidade;
- 3) que os problemas de poluição das águas e sua solução fossem tratados de forma mais coerente e recorrente;

4) que haja por parte das escolas e professores desenvolvimento de actividades experimentais e de campo sobre o ciclo de uso da água e problemas relacionados com a sua degradação.

Finalmente, não deixaremos de declarar que a este estudo se deveria seguir dois outros estudos complementares: um de forma a generalizar as propostas aqui apresentadas, e outro de forma a ampliar as propostas de actividades experimentais e observacionais sobre a água.

Referências Bibliográficas

Al Gore (1993). *La Tierra en juego*. Editora Emecé. Barcelona.

Alonso, M., Gil, D. e Mntez-Torregrosa, J. (1992). Concepciones espontâneas de los profesores de ciências sobre evaluación: obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Ensino da Física*. 5 (2): 18-38.

Antunes, P. B. (1997). *Evolução do Direito e da Política do Ambiente. Internacional, comunitário e nacional*. pp. 1-16.

Antunes, P. B. (2000). *Direito Ambiental*. Lumen Júris. Rio de Janeiro

Aplle, M. W. (1989). *Maestros y textos*. Barcelona: Piados-MEC.

Arreguín, N. e Iacute, F. (1991). *USO Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias*. Memorias del Seminário Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. México. pp. 749-756.

Astolfi, J. P. (1978). Les representations des enfants. *Révue Française de Pedagogie*. 45.

Astolfi, J. P. (1992). L'Education à l'Environnement: un référent pour la didactique de la biologie? In: Manzanares, M., García, J. L. y Cañal, P. (eds.) (1996). *Biología y Educación Ambiental*. *Asociacion de Didactica de la Biología*. Sevilla.

Ausubel, D. P. (1978). *Psocología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. (1.^a éd.) Vrin. Paris.

Barthes, R. (1964). *Elementos de simeologia*. Cultrix. São Paulo. p.18

Bastian, R. K. e Reeds, S. C. (Eds.). (1979). *Proceedings of the Seminar on Aquaculture Systems for Wastewater Treatment*. U.S. EPA Publication n.º MCD-67.

- Bau, J. (Outubro/1991). *Investigación sobre Conservación del Agua*. A Água em Portugal. Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. México. pp. 736-743.
- Beekman, G. B. (1996). “*Qualidade e conservação da água*”. In: Encontro Nacional de Assistência Técnica e Rural. Conferência, Brasília.
- Bloom, B., Hastings, T. e Madus, G. (1975). *Evaluación del aprendizaje*. Troquel: Buenos Aires.
- Boff, L. (1995). *Princípio – Terra: A volta à terra como pátria comum*. Editora Ática. S. Paulo.
- Bonafé, J. M. (2002). *Políticas del libro de texto escolar*. Morata. Madrid.
- Brandão, M. J. L. B. (2005). *Modelo de Polya e a Resolução de Problemas Ambientais no 1.º Ciclo: Conservação das dunas litorais*. Tese de Mestrado em Estudos da Criança – Promoção da Saúde e do Ambiente. IEC – Universidade do Minho. pp. 43-45.
- Brundtland, M. (1991). *Llamada de emergencia*. Final report of the WCED.
- Burkert, W. (1993). *Religião Grega na Época Clássica e Arcaica*. Tradução de Simões Loureiro. Calouste Gulbenkian. Lisboa. p. 252.
- Calabi, D. (1990). *Venise, images d'une ville 'sise sur la mer'*. In: Bernadis, M. A. e Nesteroff, A. (orgs.). *Le grand livre de l'eau. La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie*. Paris. pp. 129-138.
- Calvo, M. S. (1999). *Águas Residuales Urbanas. Tratamientos Naturales de Bajo Costo e Aprovechamiento*. Colección Ingeniería Medioambiental. 2.ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Capriles, R. (Ed.) (2003). Meio século de lutas: uma visão histórica da água. *Revista de Ecologia DO Século 21*. ECO 21.

Caramazza, A., McCloskey, M. e Green, B. (1981). Naïve beliefs in "sophisticated" subjects: misconceptions about trajectories. *Cognitions*. 9: 117-123.

Carneiro, S. M. M. (2000). *A Dimensão Ambiental da Educação Escolar*. 5:1-9.

Carrascosa, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*. 3 (3): 230-234.

Carrascosa, J. e Gil, D. (1987). Diferencias en la evolución de preconceptos de mecánica y química. *II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias Matemáticas*. Valencia.

Carvalho, G., Sá, J. e Lima, N. (1999). Formação de Professores para o ensino experimental no 1.º ciclo: estudo da acção da saliva na digestão do amido. *Revista de Educação*. Vol. VIII. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 2: 93-103.

Cavaco, M. H. (1992). *Educação Ambiental para o Desenvolvimento: Testemunhos e Notícias*. Escolar Editora. Lisboa.

Champagne, A. B., Gunstone, R. F. e Klopfer, L. E. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. In: West, L. H. T. e Pines, A. L. (Eds). *Cognitive structure and conceptual change*. Orland. FL: Academic Press.

Chan, E., Bursztynsky, T. A., Hantzsche, N. e Litwin, Y. J. (1982). *The Use of Wetlands for Water Pollution Control*. U.S.EPA-600/2-82-86.

Chang, A. C., Page, A. L. e Asano, T. (1995). *Developing Human Health-Related Guidelines for Reclaimed Wastewater and Sewage Sludge Applications in Agriculture*. The World Health Organization, Geneva. p.114.

Choppin, A. (1992). *Les Manuels scolaires: histoire et actualité*. Hachette Education. Collection Pedagogies pour demain. Paris. pp. 105-238.

Clarke, R. e King, J. (2004). *The Atlas of Water*. Mapping the world's most critical resource. Earthscan Publications Ltd, London. pp. 75-81.

Claudino, S. (2001). *Portugal através dos Manuais Escolares de Geografia. Século XIX. As imagens intencionais*. Tese de doutoramento. Universidade de Lisboa.

CMMAD (1987). *Our Common Future*. The Bundtland Report, World Comission on Environment and Development. Oxford University Press Oxford.

CNA (Comissão Nacional do Ambiente) (1978). *Declaração do Ambiente. Estocolmo 1972*. Adoptada pela Conferência das Nações Unidas. Ministério da Habitação e Obras Públicas. Secretaria de Estado do Ordenamento Físico, Recursos Hídricos e Ambiente. Lisboa.

Commission européenne (2002). *Directive-cadre sur l'eau. Tirez-en parti*. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. Luxemburg.

CONF.401/CLD.2. (1997). *Declaration of Thessaloniki*. Draft. Doc. EPD – 97.

Cooper, P. F. e Findlater, B. C. (Eds). (1990). *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*. Pergamon Press, Oxford, U.K.

Cunha, L. V. C., Gonçalves, A. S., Figueiredo, V. A. e Lino, M. (1980). *Gestão da Água. Princípios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Damásio, A. (2000). *O Mistério da Consciência*. Companhia das Letras. São Paulo. pp. 402-403.

D'Angelo, M. L. (2001). *Los textos escolares en la enseñanza de la geografía: una mirada desde el docente*. Universidade Nacional del Litoral, Santa Fé.

De la Rosa, C. (1984). Common sense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*. 6 (4): 387-397.

Decrosse, A. (1990). *Toute l'eau du monde: géographie et histoire de l'eau*. Paris: Ed. du May.

DGRN (1988). *Direcção Geral dos Recursos Naturais. Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais. A Água, A Terra e o Homem. Ciclo da Água. Gabinete Nacional da Campanha Educativa da Água. Lisboa.*

Diaz, P. A. (1995). *La Educación Ambiental como Proyecto*. Editorial Horsori. Barcelona.

Diaz, R.V., López, X. P. e Castineira, M. S. (1994). *Os Resíduos na Galiza. Impacto ambiental e alternativas de tratamentos*. Bahia Edicións. Coruna.

Dorst, J. (1971). *AVANT QUE NATURE MEURE, pour une écologie politique* (título original). Tradução (1973) de Rita Buongiorno: *Antes que a Natureza Morra. Por uma ecologia política*. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo, Brasil. pp. 98 e 244

Driver, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 4 (1): 3-15.

Driver, R. (1988). Un enfoque construtivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 6 (2): 109-120.

Driver, R. e Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science studies. *Studies in Science Education*. 5: 65-84.

Driver, R. e Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*. 13: 105-122.

Ehrlich, A. H., Gleick, P. e Conca, K. (2000). *Resources and Environmental Degradation as Sources of Conflict*. 50th Pugwash Conference on Science and World Affairs: *Eliminating the Causes of War*. Queen's College, Cambridge, UK.

Engel, E. e Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*. 70 (4): 473-496.

Erickson, G. L. (1980). Children's viewpoints of Herat. *Science Education*. 64 (3): 323-336.

Evangelista, J. (1992). *Razão e Porvir da Educação Ambiental*. Editor Instituto Nacional do Ambiente. Lisboa.

Fernandes, J. A. (1995). A Educação Ambiental: Um Passado com Futuro. In: *Educação Ambiental: Actas do Colóquio* (pp.42-50). Editorial do Ministério da Educação.

Florianio, E. P. (2004). *Educação ambiental de cada dia*. Caderno Didático n.º 10. 1.^a Edição. Santa Rosa. pp. 3-6.

Fredette, N. e Lochhead, J. (1981). Students conceptions of electric current. *The Physics Teacher*. 18: 194-198.

Freitas, M. (1999). *Estudo do Meio do Pequeno Mestre*. 1.º ano do Ensino Básico, 3.^a edição. Gailivro.

Freitas, M. (2000). *Estudo do Meio do Pequeno Mestre*. 2.º ano do Ensino Básico, 2.ª edição. Gailivro.

Furió, C. (1986). Un curriculum de Física y Química basado en la investigación didáctica. Primeros resultados. *Actas de las IV Jornadas de Investigación en la Escuela*. Sevilla.

Gardner-Outlaw, T. e Engleman, R. (1997). *Sustaining Water. Easing Scarcity: A Second Update*. Population Action Internacional-Population and Environment Program. New York.

Gil, D. (1982). *La investigación en el aula de Física e Química*. Anaya: Madrid.

Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 1 (1): 26-33.

Gil, D., Carrascosa, J., Furio, C. e Mtnez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori: Madrid.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. e Fenshman, P. J. (1982). Children's Science and its consequences for teaching. *Science Education*. 66 (4): 623-633.

Gillespie, A. (2000). *International Environmental Law Policy and Ethics*. New Zealand. p. 10.

Gimeno, J. (1982). *La pedagogía por objetivos: obsesión por la eficiencia*. Morata: Madrid.

Giolitto, P. (coord.), Mathot, L., Pardo, A. e Vergnes, G. (1997). *L'Éducation à L'Environnement dans L'Union Européenne*. Bruxelles, Luxembourg.

Giordan, A. (1985). Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 3 (1): 11-17.

Giordan, A. e De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Delachaux & Niestlé. Paris.

Gleick, P. H. (1993). *Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security*. *International Security*. 18 (1): 79-112.

Gleick, P. H. (2004). *The World's Water 2004-2005. The Biennial Report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington. pp. 234-252.

Gloss, S. (1991). *El Enigma Legal e Institucional del Uso Eficiente del Agua en el Oeste de los Estados Unidos*. Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. México. pp. 523-530.

Goodland, R., Daly, H., El Serafy, S. e von Droste, B. (Eds) (1992). *Environmentally sustainable economic development: Building on Brundtland*. Tradução de Martín, C. y González, C. (1997). *Medio Ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del Informe Brundtland*. Editorial Trotta, Madrid.

Goldsmith, E., Allen, R., Allaby, M., Davoll, J. e Lawrence, S. (1972). *The Ecologist*. 2 (1): 140.

Granda, A. (1988). Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología. *Enseñanza de las Ciencias*. 6 (3): 239-243.

Grimal, P. (1990). *Un urbanisme de l'eau à Rome*. In: Bernadis, M. A. e Nesteroff, A. (orgs.). *Le grand livre de l'eau. La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie*. Paris. pp. 97-105.

Guillerme, A. (1990). *Eaux vives et eaux mortes entre Moyen Age et Renaissance*. Bernadis, M. A. et Nesteroff, A. (orgs.). *Le grand livre de l'eau. La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie*. Paris. pp. 106-114.

Halloun, I. A. e Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Science Education*. 7 (3): 231-236.

Hammer, D. A. (Ed.) (1989). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial, and Agricultural*. Chelsea, MI: Lewis Publishers.

Harberl, R., Perfler, R., Laber, J. e Cooper, P. (Eds). (1997). Wetlands Systems in Water Pollution Control. *Water Science and Technology*. 35 (5): 156-168.

Henriques, A. G. (1985). *Avaliação dos recursos hídricos de Portugal Continental*. I.E.D. Lisboa. p. 151.

Hespanhol, I. (1994). *Health and Technical Aspects of the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture in Agriculture and Aquaculture*. In: Rodrigues, F. (Ed.). Socioeconomic and Environmental Issues in Water Projects-Selected Reading. The Economic Developing institute of the World Bank. The Health Organization, Genebra.

Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*. 3: 383-396.

Hewson, P. W. e Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change. *International Journal Science Education*. 11: 541-553.

Hierrezuelo, J. (1989). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y química*. Ed. MEC-Laia, Colección Cuadernos de Pedagogía.

Hierrezuelo, J. e Montero, A. (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: MEC-Laia.

Hodson, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*. 72 (1): 19-40.

Hubert, P. (1990). *L'hydrologie et le cycle de l'eau*. In: Bernadis, M. A. e Nesteroff, A. (Orgs:). *Le grand livre de l'eau*. Paris: Le Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie. pp. 195-205.

Hunter, P. R. e Fewtrell, L. (2001). *Acceptable Risk in Water Quality – Guidelines, Standards and Health: Assessment of Risk and Risk Management for Water-Related Infectious Disease*. Edited by Lorna Fewtrell, Center for Research into Environment and Health, Aberystwyth, Wales and Jamie Bartram. World Health Organization. Geneva, Switzerland.

ICN (Instituto da Conservação da Natureza) (1997). *Convenção sobre a Diversidade Biológica*. Texto e anexos. Secretariado Nacional para a Conservação sobre a Diversidade Biológica. Lisboa: Portugal.

Instituto da Água (1998). *Aventuras de Gota-de-Água. A Água um Bem Precioso*. Ministério da Educação. Lisboa.

Jansweijer, W., Elshout, J. e Weilinger, B. (1987). Modeling the genuine beginner: on the multiplicity of learning to solve problemas. *Early Conference*. Tubingen.

Jiang, C. (Ed.) (1994). *Proceedings of the Fourth International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*. Guangzhou, China: Center for International Development and Research, South China Institute for Environmental Sciences.

Jiménez, M. P. (1987). Preconceitos y esquemas conceptuales en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*. 5 (2): 165-167.

Kadlec, R. H. e Brix, H. (Eds) (1995). Wetland Systems in Water Pollution Control. *Water Science and Technology*. 32 (3):1-37.

Krulik, S. e Rudnick, K. (1980). Problem solving in school mathematics. National council of teachers of mathematics. *Year Book*. Reston: Virginia.

Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica. México.

Larkin, J. H. e Reif, F. (1979). Understanding and teaching problem solving in Physics. *European Journal of Science Education*. 1 (5): 191-203.

Lawrence, E. (1972). *The origins and growth of Modern Education*. Middlesex: Penguin Books. pp. 14-19.

Lehr, J. H. e Keeley, J. (Eds.) (2005). *Water encyclopedia. Oceanography; Meteorology; Physics and Chemistry; Water Law; and Water History, Art, and Culture*. Wiley, New York.

Leis, H. R. (1992). *Ética ecológica: análise conceptual e histórica de sua evolução*. In: Reflexão cristã sobre o meio ambiente. Editora Loyola. S. Paulo.

Leray, G. (1982). *Planète eau*. La Villette Presses Pocket. Paris. p. 43.

Liebmann, H. (1979). *Terra um planeta inhabitable: da antiguidade, até aos nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade*. Biblioteca do Exército: Rio de Janeiro. p. 114.

Linn, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: chalanges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*. 24 (3): 191-216.

López, J. A. P., García, M. E., e Martim, M. G. (1999). *Estudio Sanitario del Agua*. 2.^a Edición. Universidade de Granada.

Lorenz, K. (1975). *Los 8 pecados capitales de la humanidad civilizada*. Editora Plaza y Janes. Barcelona.

Lowenfeld, V. (1977). *A criança e a sua arte*. Editora Mestre Jou. São Paulo.

- Lowenfeld V. e Brittain, W. L. (1970). *Desenvolvimento da capacidade criadora*. Editora Mestre Jou. São Paulo. p. 13.
- Luquet, G.-H. (1969). *O desenho infantil*. Editora de Minho. Porto. p. 81.
- Macedo, B. e Soussan, G. (1985). Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 11 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*. 3 (2): 83-91.
- Machado, C. J. S. (2004). *Reuso da água doce*. Revista Eco 21, Ano XIV. Edição 86.
- Magalhães, J. (1999). *O manual escolar no quadro da história cultural: para a historiografia do manual escolar de Portugal*. Universidade de Lisboa.
- Mallin, M. A., Scott, H. E., Wheeler, T. L. e Meyes, D. B. (2000). Pollutant Removal Efficacy of Three Wet Detention Ponds. *Journal of Environmental Quality*. 31: 554-600.
- Mancuso, P. C. e Santos, H. F. (2003). *Reuso de Água*. Barueri, São Paulo: Manole.
- Martinand, J. L. (1985). *Connaître et transformer la matiere*. Ed. Peter Lang SA : Berna.
- McDermott, L. C. (1984). *Research on conceptual understanding in mechanics*. *Physics Today*. pp. 24-34.
- Melo, J. J. e Pimenta, C. (1993). *O que é Ecologia e Ambiente*. Difusão Cultural. Lisboa.
- Mendes, C. (1995). Reforma Educativa e Educação Ambiental: O reforço da perspectiva integradora. In: *Educação Ambiental: actas do colóquio* (pp. 39-41). Editorial do Ministério da Educação. Lisboa.
- Mendes, B. (1998). *Microbiologia da Água*. In: Ferreira, W. F. C. e Sousa, J. C. F. (Coords.) *Microbiologia*. Vol. I. Cap. 14. Lidel – Edições Técnicas. Lisboa. pp. 285-286.

Mendes, B. e Oliveira, J. F. S. (2004). *Qualidade da água para consumo humano*. Universidade Nova de Lisboa. Lidel – Edições Técnicas, Lda. p. 81.

Menezes, L. C. C. (1984). Considerações sobre saneamento básico, saúde e qualidade de vida. *Revista de Engenharia Sanitária*. 23 (1): 55-56.

Metcalf e Eddy Inc. (1995). *Wastewater engineering. Treatment, Disposal Reuse*. [Tradução de Montsoriu, J. D. T. (2000)]. *Ingenieria de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3.^a Edición. McGraw-Hill/Interamericana de Espanha. Aravaca, Madrid.

Millar, R. e Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*. 14: 33-62.

Minestrell, J. (1982). Explaining the at rest condition of an object. *Physics Teacher*. 20: 10-14.

Ministério da Educação (1990). *Reforma Educativa, Programa do 1.º Ciclo Ensino Básico*. Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário. pp. 67-95.

Ministério da Educação (1991). *Organização Curricular e Programas*. Vol. I, 3.º Ciclo do Ensino Básico. Reforma Educativa. Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário. pp. 207-222.

Ministério da Educação (1991). *Programa de Ciências da Natureza. Plano de Organização do Ensino-Aprendizagem*. Vol. II, 2.º Ciclo do Ensino Básico. Reforma Educativa. Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário.

Ministério da Educação (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Departamento da Educação Básica. pp. 129-236.

Ministério da Educação (2002). *Orientações Curriculares – Ciências Físicas Naturais*. 3.º Ciclo do Ensino Básico. Departamento do Ensino Básico.

Molero, F. M. (1996). *Educación Ambiental*. Editorial Síntesis. Madrid. p.111.

MOPT (1993). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio y Desarrollo. Río 92. Programa 21*. (Tomo II). (Serie Normativas). Ministério das Obras Públicas y Transportes. Madrid.

Moreira, J. (1973). *O Mundo é a Nossa Casa*. Edição Comissão Nacional do Ambiente. Instituto Hidrográfico. Lisboa.

Moreira, J., Silva, S., Reis, C. e D'Orei, M. (1975). *O Mundo é a Nossa Casa*. Edição Comissão Nacional do Ambiente. Instituto Hidrográfico. Lisboa.

Morin, E. (1975). *Cultura de massas no século XX: o espírito do tempo – II*. Forense-Universitaria. Rio de Janeiro.

Mota, M. e Novais, J. M. (2003). *Controlo da Poluição Aquática*. In: Lima, N. e Mota, M. (Coords.). *Biotechnology. Fundamentos e Aplicações*. XIV. Edições Lidel. Lisboa. pp. 301-303.

Motta, L. e Viana, M. A. (1999). *BIOvida*. Ciências da Natureza. 3.º Ciclo do Ensino Básico, 8.º ano. Porto Editora.

Motta, L., Viana, M. A. e Isaiás, E. (2002a – 5.º ano). *Bioterra*. Ciências da Natureza. Partes 1 e 2. Porto Editora.

Motta, L., Viana, M. A. e Isaiás, E. (2002b – 6.º ano). *Bioterra*. Ciências da Natureza. Partes 1 e 2. Porto Editora.

Neto, H. (2002a). *Estudo do Meio, Despertar*. 1.º Ciclo do Ensino Básico, 3.º ano, 2.ª edição. Edições Livro Directo.

- Neto, H. (2002b). *Estudo do Meio, Despertar*. 1.º Ciclo do Ensino Básico, 4.º ano. Edições Livro Directo.
- Netto, J. M. A. (1959). Considerações sobre saneamento básico, saúde pública e qualidade de vida. *Revista de Engenharia Sanitária*. 23 (1): 55-61.
- Nicolau, A., Lima, N., Mota, M. e Madoni, P. (1997). *Os Protozoários como Indicadores da Qualidade Biológica das Lamas Activadas*. Boletim de Biotecnologia. 56: 14-19
- Nicolazo, J. L. (1989). *Les agences de l'eau*. Pierre Johanet e Fils. Paris. p. 13.
- Nigro, Q. G. E e Campos, M. C. C. (2001). *Ciências. Vivência e Construção*. Vol. 3. Editora Ática.
- Nova, E. V. (1994). *Educar para o Ambiente: Projectos para a área-escola*. Texto editora. Lisboa.
- Novak, J. D. (1988). Construtivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*. 6 (3): 213-223.
- Novo, M. (1986). *Educación y Medio Ambiente*. Madrid, UNED.
- Osborne, R. e Wittrock, M. (1983). Learning Science: a generative process. *Science Education*. 67: 490-508.
- PBA do Rio Leça. (1999). Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Leça. *Friso Cronológico dos Eventos mais Relevantes para Portugal*. 1.ª Fase. Vol. II. pp. 41-48.
- Piaget, J. (1971). *Psicología y epistemología*. Ariel: Barcelona.
- PNUEA (2004). Parte 1. *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Instituto da Água.

Pompeu, C. T. (1976). *Regime jurídico da polícia das águas públicas; polícia da qualidade*. São Paulo. Brasil.

Ponte, F. (2003). *O texto gráfico – outra forma de reconto*. In: Projectos de investigação. Ensinarte. Revista das artes em contexto educativo. R 1, Primavera 2003. CEC (Centro de Estudos da Criança). Universidade do Minho. Braga. pp. 13-15.

Posner, G., Strike, K., Hewson, P. e Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66 (2): 490-508.

Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata: Madrid.

Priscoli, J. D. (1998). *Internacional Conflicts Related to Transboundary Water*. LEAD Internacional, Inc. China.

Resnick, L. B. (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*. 220: 477-478.

Rocha, C. L. (2000). *Uso Racional da Água*. AgroCast.

Rocha, I. e Vieira, D. F. (2000). *Água. Legislação, Contencioso, Contra-Ordenação – Jurisprudência*. 3.^a edição. Porto Editora.

Roche, D. (1990). *Le temps de l'eau rare, du Moyen Age à l'Epoque Moderne*. In: Bernadis, M. A. e Nesteroff, A. (orgs.). *Le grand livre de l'eau. La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie*. Paris. pp. 115-126.

Santos, F. e Lopes, F. (2001). *Espaço Mundial – Geo 9.º*. Geografia, 3.º Ciclo do Ensino Básico. ASA Editores.

Schama, S. (1996). *Paisagem e memória*. São Paulo: Companhia das Letras. p. 253-266 e 281.

Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós. Barcelona. p. 25.

Sebastia, J. M. (1984). *Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. Enseñanza de las Ciencias*. 2 (3): 161-169.

Shiklomanov, I. G. (1993). *World Fresh Water Resources*. In: Gleick, P. H. (Ed.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. New York: Oxford University Press.

Shuel, T. J. (1987). Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*. 71 (2): 239-250.

Shuval, H. I. (1986). *Wastewater Irrigation in developing Countries; Health Effects and Technical Solutions*. World Bank Technical Paper nº. 51. The World Bank, Washington.

Silva, A. D., Santos, M. E., Mesquita, A. F., Baldaia, L. e Félix, J. M. (2002). *Planeta Vivo. Terra no Espaço. Terra em transformação*. Ciências Físicas e Naturais. Ciências Naturais. 3º Ciclo, 7º ano. Porto Editora.

Stern, A. (1976). *Uma nova compreensão da Arte Infantil*. Lisboa: Livros Horizonte. p. 60.

Torres, L. O. (1996). *Ingeniería del Medio Ambiente*. Tórcul Ediciones. Santiago, Espanha.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza: Madrid.

UNESCO (1971). *Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB)*. Primera reunión. Informe final. París. UNESCO.

UNESCO/PNUMA. (1975). *Seminario Internacional de Educación Ambiental (Belgrado)*. Informe final. Doc. ED-76/WS/95. París.

Unger, N. M. (org.) (1992). *Fundamentos filosóficos do pensamento ecológico*. Editora Loyola. S. Paulo.

Urdimbre, C. (2000). *Libros de texto y aprendizaje en la escuela: investigación y enseñanza*. Série prática n.º 18. Sevilla.

Varela, P. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*. 7 (3): 292-295.

Vieira, P. F. e Weber, J. (1997). *Gestão dos recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental*. Cortez. São Paulo. p. 26.

Viennot, L. e Kaminsky, W. (1991). Participacion des maîtres aux modes de raisonnement des élèves. *Enseñanza de las Ciencias*. 9 (1): 3-9.

Vigotsky, L. S. (1973). *Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar*. Psicología y Pedagogía. Akal: Madrid.

Vygotsky, L. S. (1987). *Imaginación y el arte en la infancia*. Hispanitas. México.

Vygotsky, L. S. (1989). *A formação social da mente*. Martins Fontes. São Paulo. p. 126

Vymazal, J., Brix, H. Cooper, P. F., Green, M. B. e Haberl, R. (Eds). (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater treatment, in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Municipal, Industrial and Agricultural, ed. by Hammer, D. A., Lewis Publishers, Chelsea, Michigan. pp. 379-391.

Walker, W., Richardson, S. e Sevebeck, K. (1991). *Un Enfoque Comprensivo de la Conservación del Agua*. Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. México. pp. 763-769.

Wallon, H. (1979). *Do acto ao pensamento*. Ensaio de psicologia comparada. Moraes Editora. Lisboa. p. 2.

Ward, B. e Dubos, R. (1972). *Uma Terra Somente. A preservação de um planeta*. Editora Edgard Blücher Ltda. Edições Melhoramentos. Editora da Universidade de São Paulo.

Wertsch, J. (1993). *Voces de la mente*. Visor. Madrid. p. 15.

Westerhoff, G. P. (1984). *Un update of research needs for water reuse*. In: Water Symposium. San Diego, California. Proceedings. pp. 31-42.

Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*. 75 (1): 9-21.

Whitaker, R. J. (1983). Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion. *American Journal of Physics*. 51: 352-357.

White, T. R. and Gunstone, F. R. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*. 11: 577-586.

WHO (1972). *Health Hazards of the Human Environment*. World Health Organization, Geneva.

Wilson, B. e Wilson, M. (1984). Uma visão iconoclasta das fontes de imagens nos desenhos de crianças. *Revista AR`TE*. 1, 14-16.

Wolf, A. T., Natharius, J. A., Daielson, J. J., Ward, B. S. e Pender, J. K. (1999). International River Basins of the World. *International Journal of Water Resources Development*. 15 (4): 212-225.

World Resources Institute (1988-89). *World Resources*. New York: Oxford University Press.

Worster, D. (1988). *Man and the Natural Order*. In: *The Earth report*. Mitchell Beazley Publishers. London. pp. 9-29.

Yager, R. E. e Penick, J. E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*. 5: 459-463.

Portais

Água (1972-2000). Integração entre o meio e o desenvolvimento. Capítulo. I. p. 28
(<http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-pot/capitulo1.pdf>; 10 de Outubro de 2004)

Água no Planeta

(<http://www.uniagua.org.br/aguaplaneta.htm>; 2 de Maio de 2002)

A Conferência de Estocolmo (1972)

(www.mauroles.hpg.ig.com.br/estocolmo.htm; 25 de Maio de 2004)

A Educação Ambiental nos últimos anos em Portugal

(<http://gov.pt/PortalJuventude/EstilosVida/Ambiente/EducaoAmbiental>; 6 de Abril de 2004).

Agência Europeia do Ambiente

(http://reports.pt.eea.eu.int/briefing_2004_/pt/briefing-bio_PT_FINAL.pdf; 20 de Maio de 2004)

Ambientebrasil. Reuso da Água

(http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/urbana/index.html&conteudo=./agua/urbana/artigos/reuso_agua.html; 19 de Maio de 2005)

A promise to children (1990). Cimeira Mundial das Crianças

(<http://www.unicef.org/wsc>; 10 de Junho de 2005)

Carta Europeia da Água

(www.aprh.pt/Arquivo/Brochuras/cartaeur2htm; 8 de Julho de 2004)

Constituição da República Portuguesa (versão originária) (1976)

(http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_4711_1_0001.htm; 12 de Outubro de 2004)

Constituição da República Portuguesa (1976). (Documento Versão 5-Final

(http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_4711_5_0001.htm#b0009; 12 de Outubro de 2004)

Cúpula das Américas, Cúpula de Brasília

(<http://maurolemes.hpg.ig.com.br/cupulaamericas.htm>; 25 de Maio de 2004)

DCT (1997). Declaração da Conferência de Thessaloniki. *Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade*

(www.maisambiente.com.br/educador/thessaloniki.htm; 25 de Maio de 2004)

Deuses Gregos e Romanos

(<http://www.mundodosfilosofos.com.br/deuses.htm>; 15 de Maio de 2006)

Directiva Quadro da Água

(<http://dqa.inag.pt/>; 8 de Julho de 2004)

Freshwater. Division for Sustainable Development (2000)

(<http://www.un.or/esa/sustdev/water.htm>; 10 de Junho de 2005)

Galano, C. *Programa de Educación para o Desarrollo Sustentable. Enfoques de Educación Ambiental*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Salud Argentina

(www.medioambiente.gov.ar/education/enfoques/carlos_galano.htm; 16 de Junho de 2004)

História: Os Anos 1970

(<http://www.bio2000.hpg.ig.com.br/historia2.htm>; 25 de Maio de 2004)

Iemanjá

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Iemanjá>; 14 de Julho de 2006

Iemanjá. Texto e ilustração extraídos do livro *Os Orixás*. Publicado pela Editora Três. *O Perfil do Orixá*

<http://www.umbandaracional.com.br/iemanja.html>; 14 de Julho de 2006

IHDP Report n.º 11, June 1999; Box 3: *Water and Security in the Middle East* 37
(<http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/reports/report11/gehssp.htm#box3>; 1 de Maio de 2006)

INAG.

(<http://www.sapo.pt/regional/governo/institutos/>; 30 de Junho de 2004)

INE (2004). Instituto Nacional de Estatística. *Estatísticas do Ambiente 2004*
(www.ine.pt; 15 de Janeiro de 2006)

Instituto da Água. História: *Quem somos/Atribuições*

(www.inag.pt/inag2002/port/quem_somos/historia.html; 7 de Julho de 2004)

International Conference on Freshwater (2001)

(<http://www.water-2001.de>; 12 de Agosto de 2005)

International Conference on Water and Environment, 1992. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development.

<http://www.unesco.org/science/waterday2000/dublin.htm>; 22 de Junho de 2004.

La Biblioteca Dag Hammarskjöld marca ... (22 de Março de 2005). *El Día Mundial del Agua*

(<http://www.un.org/depts/dhl/spanish/water/index.html>; 11 de Julho de 2005)

Maïga, H., Koné, Seignez, D. C. e Holliger, C. (2000). *Le traitement des eaux usées par lagunage. Une décennie de recherche à Ouagadougou. Communication présentée au Séminaire International sur l'Assainissement urbain en Afrique, Dakar-Gorée* (http://magazine.h2o.net/dossiers/infrastructures/urbain/assainissement/lagunage_ouaga/francais/eier_0.htm; 5 de Maio de 2002)

Marrakech Declaration (1997)

(<http://www.cmo.nl/pe/pe7/pe-772.html>; 10 de Junho de 2005)

Mistura e Manda/Nº 34 – 2/2/2004. Iemanjá, rainha das águas

<http://www.brasileirinho.mus.br/arquivomistura/34-020204.htm>; 14 de Julho de 2006

Mitologia grega

(<http://www.geocities.com/Athens/Styx/7920/mitologi/mitologi.htm>; 15 de Maio de 2006)

Millennium Report of the Secretary-General of the United Nations (2000)

(<http://www.un.org/millennium/sg/report>; 10 de Junho de 2005)

NUDMA (Nações Unidas e o Dia Mundial da Água) (1992)

(<http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Agua/Documentos/doc16.htm>; 11 de Julho de 2005)

Oceano

(<http://www.geocities.com/Athens/Styx/7920/titas/oceno.htm>; 15 de Maio de 2006)

O que são ETAPs

(<http://aljezur.net/ETAP/tutor.html>; 5 de Maio de 2002)

Os encantos e a doçura de iemanjá

<http://www.rosanevolpatto.trd.br/deusaiemanja1.htm>; 14 de Julho de 2006)

Poseidon

(<http://www.nomismatike.hpg.ig.com.br/Mitologia/Poseidon.html>; 15 de Maio de 2006)

Posídon.

(Wikipédia. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Poseidon>; 15 de Maio de 2006)

Special Session of the un General Assembly for the Overall Review and Appraisal of Agenda 21 (1997)

(<http://www.iisd.ca/vol05/0583001e.html>; 10 de Junho de 2005).

Spector, B. I. *Transboundary Environmental Disputes*. Chapter 9. Center for Negotiation Analysis.

(<http://wwics.si.edu/subsites/ccpdc/pubs/zart/ch9.htm>; 1 de Maio de 2006)

Tratado de Maastricht (1992). Título XVI - O Ambiente (Artigo130R)

(<http://dupond.ci.uc.pt/CDEUC/TRIII.HTM>; 9 de Julho de 2004)

The Seoul Rules on International Groundwaters (1986). Sixty-second Conference Held at Seoul

(http://www.internationalwaterlaw.org/IntlDocs/Seoul_Rules.htm; 10 de Junho de 2005)

UNDP (1997). *Sustainable Water Management*

(<http://www.undp.org/seed/water/strategy/4.htm#42>; 10 de Junho de 2005)

UNEP (2000). *Overview Geo-2000. Global Environment Outlook*. Produced by UNEP GEO team

(<http://www.grida.no/geo2000/ov-e.pdf>; 5 de Maio de 2002)

V. Resolutions ... (1980). *V. Resolutions adopted on the reports of the Second Committee*

(<http://www.un.org/documents/ga/res/35/a35r18e.pdf>; 10 de Junho de 2005)

World's Water. *Freshwater Withdrawal by Country and Sector*

(<http://www.worldwater.org/table2.html>; 20 de Abril de 2002)