

MARIA ALICE FIGUEIREDO RAMOS E ORTIZ

VIGILÂNCIA DA
RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL
EM PORTUGAL

Dissertação apresentada para
obtenção do Grau de Doutor em
Ciências Aplicadas ao Ambiente,
pela Universidade de Aveiro



ÍNDICE

Pág.

VIGILÂNCIA DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL EM PORTUGAL	1
AGRADECIMENTOS	2
SUMARIO	3
ABSTRACT	4
SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES	5
ÍNDICE	8
ÍNDICE - FIGURAS	17
ÍNDICE - QUADROS	29
PREAMBULO	43
1 - CENTRAIS NUCLEARES - REACTORES PWR	47
1.1 - INTRODUÇÃO.	47
1.2 - CENTRAIS COM REACTORES PWR	48
2 - CENTRAIS NUCLEARES ESPANHOLAS. A CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ (CNA)	55
2.1 - PROGRAMA NUCLEAR ESPANHOL	55
2.2 - SEGURANÇA DE CENTRAIS NUCLEARES	58
2.2.1 - OBJECTIVOS DA SEGURANÇA	58
2.2.2 - ALGUNS ASPECTOS DE SEGURANÇA LIGADOS COM A CONCEPÇÃO DAS CENTRAIS.	58
2.3 - TIPOS DE RESÍDUOS DAS CENTRAIS NUCLEARES	63
2.4 - A CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ (CNA)	65

ÍNDICE - FIGURAS

Fig. 1.1	- Central nuclear com reactor PWR	49
Fig. 1.2	- Circuito primário (PWR)	50
Fig. 1.3	- Circuito secundário (PWR)	51
Fig. 1.4	- Circuito de refrigeração (PWR)	52
Fig. 2.5	- Localização das centrais nucleares espanholas .	57
Fig. 2.6	- Barreiras à dispersão de produtos radioactivos (desenho esquemático)	59
Fig. 2.7	- 1ª barreira física à dispersão dos produtos radioactivos (bainha da vara de combustível) .	60
Fig. 2.8	- 2ª barreira física à dispersão dos produtos ra- dioactivos (circuito primário - vaso do reactor). .	61
Fig. 2.9	- 3ª barreira física à dispersão dos produtos radioactivos (edifício de contenção)	62
Fig. 2.10	- Localização da central nuclear de Almaraz	66
Fig. 2.11	- Vista geral da central nuclear de Almaraz	68
Fig. 2.12	- Plano da distribuição geral dos edifícios da central nuclear de Almaraz.	69
Fig. 2.13	- Subsistema de efluentes primários recicláveis (efluentes líquidos tritiados não arejados) (CNA). .	73
Fig. 2.14	- Subsistema de efluentes primários tratáveis (efluentes líquidos tritiados arejados) (CNA). .	74
Fig. 2.15	- Subsistema de drenagem de pavimentos (CNA)	75
Fig. 2.16	- Subsistema de drenagem de lavandaria e duches (CNA)	76
Fig. 2.17	- Subsistema de drenagens químicas (CNA).	77
Fig. 2.18	- Subsistema de descarga de efluentes líquidos	

no lago de Arrocampo (CNA)	78
Fig. 2.19 - Subsistema de manejo de resinas usadas (CNA).	79
Fig. 2.20 - Distribuição dos pontos de amostragem do programa de vigilância da radioactividade ambiental operacional da central nuclear de Almaraz, num raio de 30 km	84
Fig. 2.21 - Caminhos de exposição do homem por efluentes gasosos e líquidos	87
Fig. 2.22 - Descargas líquidas anuais da central nuclear de Almaraz	92
Fig. 5.23 - Fichas tipo a preencher quando da recolha de amostras e análises a realizar, para cumprir o programa de vigilância estabelecido	110
Fig. 7.24 - Perfil do rio Tejo	125
Fig. 7.25 - Localização do equipamento de monitorização em contínuo da radioactividade da água, em Fratel (rio Tejo)	131
Fig. 7.26 - Equipamento de monitorização em contínuo da radioactividade da água - Fratel - Tejo	134
Fig. 7.27 - Vaso de medida (cuba). Sistema de monitorização em contínuo da radioactividade da água - Fratel Tejo	135
Fig. 7.28 - Detector de cintilação. Sistema de monitorização em contínuo da radioactividade da água - Fratel Tejo	136
Fig. 7.29 - Tubo do vaso de medida onde é colocado o detector. Sistema de monitorização em con- tínuo da radioactividade da água. Fratel - Tejo	137
Fig. 7.30 - Blindagem de chumbo que envolve o conjunto vaso de medida/detector. Sistema de monitorização em contínuo da radioactividade da água. Fratel - Tejo.	138

Fig. 7.31 - Localização da toma de água. Sistema de monitorização em contínuo da radioactividade da água - Fratel - Tejo	139
Fig. 7.32 - Ligação entre o microprocessador e a impressora. Sistema de monitorização em contínuo da radioactividade da água - Fratel - Tejo	140
Fig. 7.33 - Macintosh, onde é tratada a informação da monitorização em contínuo da radioactividade da água (Fratel)	141
Fig. 7.34 - Colocação do detector no suporte, para a calibração do equipamento de Fratel	145
Fig. 7.35 - Determinação do centróide do cézio. Calibração do equipamento de Fratel	146
Fig. 7.36 - Colocação do suporte e detector no vaso de calibração. Calibração do equipamento de Fratel	147
Fig. 7.37 - Homogeneização da solução padrão. Calibração do equipamento de Fratel	148
Fig. 7.38 - Calibração do equipamento de Fratel	149
Fig. 7.39 - Esquema de funcionamento da rede de medida em contínuo da radioactividade do ar	160
Fig. 7.40 - Sistema detector. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar.	162
Fig. 7.41 - Sistema de transmissão de dados. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	163
Fig. 7.42 - Esquema de montagem do detector e do sistema de transmissão de dados. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	163
Fig. 7.43 - Fixação do sistema detector ao respectivo suporte. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	164
Fig. 7.44 - Suporte do sistema detector com fixação ao bloco de betão armado. Rede de monitorização em contínuo	

da radioactividade do ar	164
Fig. 7.45 - Vala que conduz o tubo protector que contém o cabo. Rede de monitorização em contínuo da ra- dioactividade do ar.	165
Fig. 7.46 - Calibração do sistema detector. Rede de moni- torização em contínuo da radioactividade do ar	166
Fig. 7.47 - Funções das teclas do transmissor de dados. Rede de monitorização em contínuo da radioacti- vidade do ar	167
Fig. 7.48 - Unidade central instalada no GPSN - Lisboa. Rede de monitorização em contínuo da radioacti- vidade do ar	169
Fig. 7.49 - <u>Apresentação global</u> dos valores medidos nas estações de controlo remoto, já instaladas. Rede de monitorização em contínuo da radioacti- vidade do ar	170
Fig. 7.50 - Apresentação geral dos valores medidos nas <u>últimas quarenta e oito horas</u> do dia 91/09/19 às 09:18 horas, na estação de controlo remoto 105-Portalegre. Rede de monitorização em con- tínuo da radioactividade do ar	171
Fig. 7.51 - Apresentação dos valores medidos nos <u>últimos dez minutos</u> (base de medida - um minuto), do dia 91/09/19 às 09:18 horas, na estação de controlo remoto 105-Portalegre. Rede de mo- nitorização em contínuo da radioactividade do ar	172
Fig. 7.52 - Apresentação dos <u>valores médios de dez minutos</u> medidos <u>nas últimas duas horas</u> , do dia 91/09/19 às 09:18 horas, na estação de controlo remoto 105-Portalegre. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	173
Fig. 7.53 - Apresentação dos <u>valores médios de duas horas</u> (base de medida-média dos dez minutos), medidos para as <u>últimas quarenta e oito horas</u> do dia 91/09/19 às 09:18 horas, na estação de controlo	

remoto 105-Portalegre. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar.	174
Fig. 7.54 - Apresentação dos <u>valores médios de duas horas</u> , das estações de controlo remoto 107-Penhas Douradas, 109-Porto e 103-Faro, entre 91/08/19 e 91/09/19. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	175
Fig. 7.55 - Apresentação das <u>médias diárias</u> , das estações de controlo remoto 107-Penhas Douradas, 109-Porto e 103-Faro entre 91/08/19 e 91/09/19. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	176
Fig. 7.56 - <u>Listagem das estações de controlo remoto</u> que transmitiram dados, data e hora da transmissão, em 91/09/19, e período de avaliação. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	177
Fig. 7.57 - Apresentação dos dados transmitidos. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar	178
Fig. 7.58 - <u>Listagem de médias de duas horas</u> , para um período longo. Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar.	179
Fig. 7.59 - Estação móvel de medição da qualidade do ar (DGQA)	181
Fig. 7.60 - Sistema detector. Estação móvel de monitorização da radioactividade do ar.	181
Fig. 7.61 - Transmissor de dados. Estação móvel de monitorização da radioactividade do ar	182
Fig. 7.62 - Sonda recolhida quando a carrinha se encontra em movimento. Estação móvel de monitorização da radioactividade do ar	183
Fig. 7.63 - Fixação da sonda no tejadilho da carrinha. Estação móvel de monitorização da radioactividade do ar	184

Fig. 7.64 - Listagem dos valores medidos. Estação móvel de monitorização da radioactividade do ar.	185
Fig. 8.65 - Detector de baixo fundo Canberra, modelo 2201, para medida de radioactividade beta total em águas, sedimentos e material biológico. (DPSR)	193
Fig. 8.66 - Contador de baixo fundo, modelo Riso, G.M.-25-5, para medida de radioactividade beta de cézio-137, estrôncio-90 e iodo-131. (DPSR)	193
Fig. 8.67 - Espectrómetro da Packard, modelo Tri-Carb 300, usado para o trítio. (DPSR)	194
Fig. 8.68 - Detector semiconductor de germânio, para espectrometria gama e respectivo castelo de chumbo usado para protecção da radiação de fundo. (DPSR)	195
Fig. 8.69 - Sistema Ortec, associado ao detector semiconductor de germânio, e respectivo amplificador. (DPSR)	196
Fig. 8.70 - Aparelho de registo contínuo de radioactividade natural e artificial do ar, Mod. Landis & Gyr (INMG)	200
Fig. 8.71 - Sistema de contagem da radioactividade artificial do ar (estrôncio-90)+(cézio-137), constituído por um integrador de impulsos "scaler" e um detector proporcional. (INMG)	201
Fig. 8.72 - Dosímetro fotográfico (GPSN).	202
Fig. 8.73 - Dosímetro termoluminescente (GPSN e DPSR)	202
Fig. 9.74 - Localização das estações de amostragem no Rio Águeda. (ICBAS)	204
Fig. 9.75 - Localização das estações de amostragem no Rio Cávado. (ICBAS)	205
Fig. 9.76 - Localização das estações de amostragem no Rio Douro. (ICBAS)	206

Fig. 9.77 - Localização das estações de amostragem no Rio Guadiana. (DPSR)	207
Fig. 9.78 - Localização das estações de amostragem no Rio Mondego. (ICBAS e DPSR).	208
Fig. 9.79 - Localização das estações de amostragem no Rio Tejo. (DPSR)	209
Fig. 9.80 - Localização das estações de amostragem no Rio Zêzere. (DPSR)	210
Fig. 9.81 - Localização das estações de amostragem da radioactividade natural e artificial do ar. (INMG)	211
Fig. 9.82 - Localização das estações de amostragem da radioactividade do ar depositada em filtros. (INMG)	212
Fig. 9.83 - Localização das estações de amostragem da radioactividade depositada na relva. (DPSR).	213
Fig. 9.84 - Localização das estações de amostragem de água da chuva. (DPSR)	214
Fig. 9.85 - Localização das estações da rede de dosímetros termoluminescentes. (GPSN e DPSR).	215
Fig. 9.86 - Localização das estações da rede de dosímetros fotográficos. (GPSN)	216
Fig. 9.87 - Localização das estações da rede de dosímetros fotográficos. Identificação por nós	217
Fig. 9.88 - Localização das estações de monitorização em contínuo da radioactividade do ar ambiente. (Rede do GPSN)	224
Fig. 10.89 - Césio-137 na água, (matéria dissolvida). Rio Guadiana, 1989-1990. (DPSR).	276
Fig. 10.90 - Césio-137 na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo, 1986-1990. (DPSR)	277

Fig. 10.91 - Césio-137 na água, (matéria dissolvida). Monitorização descontínua em rios. 1989-1990	278
Fig. 10.92 - Estrôncio-90 na água, (matéria dissolvida). Rio Guadiana 1989-1990. (DPSR)	279
Fig. 10.93 - Estrôncio-90 na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo 1986-1990. (DPSR).	280
Fig. 10.94 - Trítio na água, (matéria dissolvida). Rio Guadiana 1989-1990. (DPSR).	281
Fig. 10.95 - Trítio na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo 1985-1990. (DPSR).	282
Fig. 10.96 - Beta total na água, (matéria dissolvida). Rio Guadiana 1989-1990. (DPSR)	283
Fig. 10.97 - Beta total na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo 1989-1990. (DPSR).	284
Fig. 10.98 - Beta total na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo 1985-1987. (EPAL)	285
Fig. 10.99 - Beta total na água, (matéria em suspensão). Rio Guadiana 1989-1990, (DPSR)	286
Fig. 10.100 - Beta total na água, (matéria em suspensão). Rio Tejo 1988-1990. (DPSR).	287
Fig. 10.101 - Alfa total na água, (matéria dissolvida). Rio Tejo. 1985-1987. (EPAL)	288
Fig. 10.102 - Contribuição dos vários radionuclídeos. Plantas de margem de Ródão - 1989. (DPSR).	289
Fig. 10.103 - Radioactividade total natural (atmosfera). Lisboa, 1985/90. (Registo contínuo). (INMG)	321
Fig. 10.104 - Radioactividade total artificial (atmosfera). Lisboa, 1985/90. (Registo contínuo). (INMG)	322
Fig. 10.105 - Radioactividade artificial do ar. Valores	

- médios diários de (Sr-90)+(Cs-137). Amostragem descontínua através de papel de filtro e medição três dias depois do fim da amostragem. 1985/90. (INMG) 323
- Fig. 10.106 - Radioactividade artificial do ar depositada. Valores referentes a (Sr-90)+(Cs-137). Amostragem com colectores horizontais de papel de filtro com vaselina abrigados da chuva e medição três dias depois da amostragem. 1985/90. (INMG) 324
- Fig. 10.107 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem do GPSN, Monção, Caminha, Viana do Castelo e Montalegre, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 337
- Fig. 10.108 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Bragança, Barcelos, Braga, Fafe e Murça, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 338
- Fig. 10.109 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Mirandela, Miranda do Douro, Penafiel, Vila Real e Mogadouro, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 339
- Fig. 10.110 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Torre de Moncorvo, Castelo de Paiva, Tarouca, Tabuaço e Vila Nova de Foz Coa, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 340
- Fig. 10.111 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Freixo de Espada à Cinta, Arouca, Castro Daire, Aguiar da Beira e Figueira Castelo Rodrigo, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 341
- Fig. 10.112 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das

estações de amostragem de Ovar, Albergaria- -a-Velha, Vouzela, Pinhel e Almeida após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	342
Fig. 10.113 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Algodres, Fornos de Algodres, Celorico da Beira, Mira e Anadia após as 5 primeiras campanhas, e disponibili- dade de resultados. Dosimetria fotográfica	343
Fig. 10.114 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}); das estações de amostragem de Tondela, Nelas, Gouveia, Guarda e Santa Comba Dão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	344
Fig. 10.115 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Carregal do Sal, Oliveira do Hospital, Manteigas, Belmonte e Penacova após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	345
Fig. 10.116 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Vila Nova de Poiares, Arganil, Figueira da Foz, Lousã e Fundão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	346
Fig. 10.117 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Castanheira de Pera, Pampilhosa da Serra, Pombal, Idanha- -a-Nova e Leiria após as 5 primeiras cam- panhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	347
Fig. 10.118 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Sertã, Castelo Branco, Nazaré, Pombeira e Vila Velha de Ródão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	348

2.4.1 - DISPOSIÇÃO GERAL DOS EDIFÍCIOS	67
2.5 - CONTROLO DOS EFLUENTES E RESÍDUOS DA CNA (ANTES E DURANTE AS DESCARGAS)	70
2.5.1 - TRATAMENTO DE EFLUENTES.	70
2.5.1.1 - INTRODUÇÃO	70
2.5.1.2 - TRATAMENTO DE EFLUENTES GASOSOS	71
2.5.1.3 - TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS.	71
2.5.1.4 - TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	80
2.5.2 - TOMA DE AMOSTRAS E ANÁLISE DOS EFLUENTES	80
2.5.3 - MONITORES DE RADIAÇÃO.	81
2.5.4 - GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES	81
2.6 - CONTROLO AMBIENTAL (CNA)	82
2.6.1 - VIGILÂNCIA AMBIENTAL EFECTUADA PELO EXPLORADOR	82
2.6.2 - COMPROVAÇÃO PELAS AUTORIDADES	86
2.7 - CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO DO HOMEM.	86
2.8 - DESCARGAS GASOSAS E LÍQUIDAS DE UM PWR DE 900 MWe	88
2.9 - DESCARGAS DA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ	90
2.10 - ACTIVIDADES MÉDIAS NO LAGO DE ARROCAMPO.	93
3 - ESTUDOS A CONSIDERAR NO ÂMBITO DA VIGILÂNCIA DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL	96
4 - AMOSTRAS, ANÁLISES E ISÓTOPOS MAIS RELEVANTES	99
5 - PROGRAMAS DE VIGILÂNCIA DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL	107
5.1 - INTRODUÇÃO.	107

- Fig. 10.119 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Torres Novas, Abrantes, Gavião, Nisa e Marvão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica . . . 349
- Fig. 10.120 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Peniche, Óbidos, Santarém, Ponte de Sôr e Portalegre após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica. . . 350
- Fig. 10.121 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Secarias, Torres Vedras, Avis, Póvoa da Galega e Vila Franca de Xira após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica . . . 351
- Fig. 10.122 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Benavente, Elvas, Sintra, Amadora e Lisboa (Neofarm.), após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica. . 352
- Fig. 10.123 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Sesimbra, Setúbal, Montemor-o-Novo, Évora e Alcácer do Sal, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica . . 353
- Fig. 10.124 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Viana do Alentejo, Reguengos de Monsaraz, Sines, Beja e Odemira, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica . 354
- Fig. 10.125 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Ourique, Mértola, Portimão, Silves e Vila Real de Santo António, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica . 355
- Fig. 10.126 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Funchal, Ponta

Delgada, Vila Porto, Melgaço e Mesão Frio, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	356
Fig. 10.127 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Viseu, Fratel, Sabugal, Penamacor e Penedono, após as 5 primeiras campanhas. Dosimetria fotográfica	357
Fig. 10.128 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Vila Nova de Ourém, Coruche, Estremoz, Aveiro e Coimbra, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	358
Fig. 10.129 - Dosimetria fotográfica. Taxa de exposição por distrito	359
Fig. 10.130 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1989.	360
Fig. 10.131 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1990.	361
Fig. 10.132 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1991.	362
Fig. 10.133 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1989	363
Fig. 10.134 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1990	364
Fig. 10.135 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1991	365
Fig. 10.136 - Bacia hidrográfica do Tejo espanhol	369
Fig. 11.137 - Distribuição geográfica dos tipos de rochas	388

INDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	- Principais elementos radioactivos presentes nos efluentes de um PWR	64
Quadro 2.2	- Descargas gasosas para um grupo PWR de 900 MWe.	88
Quadro 2.3	- Descargas líquidas para um grupo PWR de 900 MWe.	89
Quadro 2.4	- Actividades médias no lago de Arrocampo	93
Quadro 7.5	- Centrais nucleares espanholas localizadas nas bacias dos nossos rios	123
Quadro 9.6	- Correspondência entre os locais de colocação de dosímetros fotográficos e os respectivos nós, e sua localização exacta	218
Quadro 9.7	- Localização exacta das estações de monitorização em contínuo da radioactividade do ar ambiente. (rede do GPSN)	225
Quadro 10.8	- Ra-226 em sedimentos - Bacia do Águeda	227
Quadro 10.9	- Ra-228 em sedimentos - Bacia do Águeda	228
Quadro 10.10	- K-40 em sedimentos - Bacia do Águeda	228
Quadro 10.11	- Ra-226 em plantas - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.12	- K-40 em plantas - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.13	- Ra-226 em peixes - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.14	- Ra-228 em peixes - Bacia do Águeda	230
Quadro 10.15	- K-40 em peixes - Bacia do Águeda	230
Quadro 10.16	- Cs-137 na água. Bacia do Cávado (Matéria dissolvida)	230
Quadro 10.17	- Sr-90 na água. Bacia do Cávado (Matéria dissolvida)	231

Quadro 10.18 - Cs-137 em peixes. Bacia do Cávado.	231
Quadro 10.19 - Sr-90 em peixes. Bacia do Cávado.	231
Quadro 10.20 - β total em peixes. Bacia do Cávado	232
Quadro 10.21 - Cs-137 na água. Bacia do Douro (Matéria dissolvida)	232
Quadro 10.22 - Sr-90 na água. Bacia do Douro (Matéria dissolvida)	233
Quadro 10.23 - Cs-137 em peixes. Bacia do Douro	233
Quadro 10.24 - Sr-90 em peixes. Bacia do Douro	234
Quadro 10.25 - β total em peixes. Bacia do Douro	234
Quadro 10.26 - Cs-137 na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida)	235
Quadro 10.27 - Sr-90 na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida)	235
Quadro 10.28 - H-3 na água - Bacia do Guadiana	236
Quadro 10.29 - β Total na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida).	236
Quadro 10.30 - β Total na água. Bacia do Guadiana (Matéria em suspensão)	237
Quadro 10.31 - Cs-137 em sedimentos. Bacia do Guadiana	237
Quadro 10.32 - β total em sedimentos. Bacia do Guadiana	238
Quadro 10.33 - Cs-137 em plantas - Bacia do Guadiana	238
Quadro 10.34 - β Total em plantas - Bacia do Guadiana	239
Quadro 10.35 - Be-7 em plantas - Bacia do Guadiana	239
Quadro 10.36 - K-40 em plantas - Bacia do Guadiana	239
Quadro 10.37 - Cs-137 e β Total em peixes - Bacia do Guadiana.	240

Quadro 10.38 - Cs-137 na água. Bacia do Mondego (Matéria dissolvida).	240
Quadro 10.39 - Sr-90 na água. Bacia do Mondego (Matéria dissolvida).	241
Quadro 10.40 - Ra-226 em sedimentos. Bacia do Mondego	241
Quadro 10.41 - Ra-228 em sedimentos. Bacia do Mondego	242
Quadro 10.42 - K-40 em sedimentos. Bacia do Mondego	242
Quadro 10.43 - Ra-226 em plantas. Bacia do Mondego	243
Quadro 10.44 - Ra-228 em plantas. Bacia do Mondego	243
Quadro 10.45 - K-40 em plantas. Bacia do Mondego	243
Quadro 10.46 - Cs-137 em peixes. Bacia do Mondego	244
Quadro 10.47 - Sr-90 em peixes. Bacia do Mondego	244
Quadro 10.48 - β total em peixes. Bacia do Mondego	244
Quadro 10.49 - Ra-226 em peixes. Bacia do Mondego	245
Quadro 10.50 - Ra-228 em peixes. Bacia do Mondego	245
Quadro 10.51 - K-40 em peixes. Bacia do Mondego	245
Quadro 10.52 - Cs-137 na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	246
Quadro 10.53 - Sr-90 na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	247
Quadro 10.54 - H-3 na água - Bacia do Tejo	248
Quadro 10.55 - β Total na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	249
Quadro 10.56 - β Total na água. Bacia do Tejo (Matéria em suspensão)	250
Quadro 10.57 - α Total na água. Bacia do Tejo	

(Matéria dissolvida).	250
Quadro 10.58 - Cs-137 em sedimentos - Bacia do Tejo	251
Quadro 10.59 - β Total em sedimentos - Bacia do Tejo	253
Quadro 10.60 - Ra-226 em sedimentos - Bacia do Tejo	255
Quadro 10.61 - Ac-228 em sedimentos - Bacia do Tejo	257
Quadro 10.62 - K-40 em sedimentos - Bacia do Tejo	258
Quadro 10.63 - Be-7 em sedimentos - Bacia do Tejo	258
Quadro 10.64 - Cs-137 em plantas aquáticas - Bacia do Tejo	259
Quadro 10.65 - Cs-137 em plantas de margem - Bacia do Tejo	260
Quadro 10.66 - β Total em plantas aquáticas - Bacia do Tejo	262
Quadro 10.67 - β Total em plantas de margem - Bacia do Tejo	263
Quadro 10.68 - Ra-226 em plantas aquáticas - Bacia do Tejo	264
Quadro 10.69 - Ra-226 em plantas de margem - Bacia do Tejo	265
Quadro 10.70 - Ac-228 em plantas aquáticas - Bacia do Tejo	266
Quadro 10.71 - Ac-228 em plantas de margem - Bacia do Tejo	267
Quadro 10.72 - Be-7 em plantas aquáticas - Bacia do Tejo.	268
Quadro 10.73 - Be-7 em plantas de margem - Bacia do Tejo.	269
Quadro 10.74 - K-40 em plantas aquáticas - Bacia do Tejo.	269
Quadro 10.75 - K-40 em plantas de margem - Bacia do Tejo.	269
Quadro 10.76 - Cs-137 em peixes - Bacia do Tejo	270
Quadro 10.77 - β Total em peixes - Bacia do Tejo	271
Quadro 10.78 - Ra-226 em peixes - Bacia do Tejo	272
Quadro 10.79 - Ac-228 em peixes - Bacia do Tejo	273

estações de amostragem de Ovar, Albergaria-a-Velha, Vouzela, Pinhel e Almeida após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	342
Fig. 10.113 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Algodres, Fornos de Algodres, Celorico da Beira, Mira e Anadia após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	343
Fig. 10.114 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}); das estações de amostragem de Tondela, Nelas, Gouveia, Guarda e Santa Comba Dão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	344
Fig. 10.115 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Carregal do Sal, Oliveira do Hospital, Manteigas, Belmonte e Penacova após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	345
Fig. 10.116 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Vila Nova de Poiares, Arganil, Figueira da Foz, Lousã e Fundão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	346
Fig. 10.117 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Castanheira de Pera, Pampilhosa da Serra, Pombal, Idanha-a-Nova e Leiria após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	347
Fig. 10.118 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Sertã, Castelo Branco, Nazaré, Pombeira e Vila Velha de Ródão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	348

- Fig. 10.119 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Torres Novas, Abrantes, Gavião, Nisa e Marvão após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 349
- Fig. 10.120 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Peniche, Óbidos, Santarém, Ponte de Sôr e Portalegre após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica. 350
- Fig. 10.121 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Secarias, Torres Vedras, Avis, Póvoa da Galega e Vila Franca de Xira após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 351
- Fig. 10.122 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Benavente, Elvas, Sintra, Amadora e Lisboa (Neofarm.), após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica. 352
- Fig. 10.123 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Sesimbra, Setúbal, Montemor-o-Novo, Évora e Alcácer do Sal, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 353
- Fig. 10.124 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Viana do Alentejo, Reguengos de Monsaraz, Sines, Beja e Odemira, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 354
- Fig. 10.125 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Ourique, Mértola, Portimão, Silves e Vila Real de Santo António, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica 355
- Fig. 10.126 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Funchal, Ponta

Delgada, Vila Porto, Melgaço e Mesão Frio, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	356
Fig. 10.127 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Viseu, Fratel, Sabugal, Penamacor e Penedono, após as 5 primeiras campanhas. Dosimetria fotográfica	357
Fig. 10.128 - Taxas médias de exposição (mSv ano^{-1}), das estações de amostragem de Vila Nova de Ourém, Coruche, Estremoz, Aveiro e Coimbra, após as 5 primeiras campanhas, e disponibilidade de resultados. Dosimetria fotográfica	358
Fig. 10.129 - Dosimetria fotográfica. Taxa de exposição por distrito	359
Fig. 10.130 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1989.	360
Fig. 10.131 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1990.	361
Fig. 10.132 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Médias anuais - 1991.	362
Fig. 10.133 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1989	363
Fig. 10.134 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1990	364
Fig. 10.135 - Rede de monitorização em contínuo da radioactividade do ar. Disponibilidade de resultados - 1991	365
Fig. 10.136 - Bacia hidrográfica do Tejo espanhol	369
Fig. 11.137 - Distribuição geográfica dos tipos de rochas	388

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	- Principais elementos radioactivos presentes nos efluentes de um PWR	64
Quadro 2.2	- Descargas gasosas para um grupo PWR de 900 MWe.	88
Quadro 2.3	- Descargas líquidas para um grupo PWR de 900 MWe.	89
Quadro 2.4	- Actividades médias no lago de Arrocampo	93
Quadro 7.5	- Centrais nucleares espanholas localizadas nas bacias dos nossos rios	123
Quadro 9.6	- Correspondência entre os locais de colocação de dosímetros fotográficos e os respectivos nós, e sua localização exacta	218
Quadro 9.7	- Localização exacta das estações de monitorização em contínuo da radioactividade do ar ambiente. (rede do GPSN)	225
Quadro 10.8	- Ra-226 em sedimentos - Bacia do Águeda	227
Quadro 10.9	- Ra-228 em sedimentos - Bacia do Águeda	228
Quadro 10.10	- K-40 em sedimentos - Bacia do Águeda	228
Quadro 10.11	- Ra-226 em plantas - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.12	- K-40 em plantas - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.13	- Ra-226 em peixes - Bacia do Águeda	229
Quadro 10.14	- Ra-228 em peixes - Bacia do Águeda	230
Quadro 10.15	- K-40 em peixes - Bacia do Águeda	230
Quadro 10.16	- Cs-137 na água. Bacia do Cávado (Matéria dissolvida)	230
Quadro 10.17	- Sr-90 na água. Bacia do Cávado (Matéria dissolvida)	231

5.2 - DESCRIÇÃO GERAL DE UM PROGRAMA DE VIGILANCIA DE ROTINA	107
5.2.1 - OBJECTIVO	107
5.2.2 - PRINCIPAIS ASPECTOS A CONSIDERAR	107
5.2.3 - RELAÇÃO DOS ANEXOS	108
5.2.4 - CODIFICAÇÃO DE AMOSTRAS	110
5.2.5 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS	112
5.2.6 - CONTROLO DE QUALIDADE	113
5.3 - DESCRIÇÃO GERAL DE UM PROGRAMA DE VIGILANCIA EM CASO DE ACIDENTE	113
5.3.1 - OBJECTIVO	113
5.3.2 - APLICABILIDADE	114
5.3.3 - FASES DO PROGRAMA DE VIGILANCIA	115
6 - CLASSIFICAÇÃO NACIONAL NO DOMÍNIO DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL	118
6.1 - GRUPO TEMÁTICO: RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL	118
6.2 - EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO EM TERMOS DE "RADIOACTIVI- DADE AMBIENTAL".	120
7 - VIGILANCIA DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL EM PORTUGAL	123
7.1 - INTRODUÇÃO	123
7.2 - MONITORIZAÇÃO DESCONTÍNUA DE RIOS E ALBUFEIRAS PORTUGUESAS	126
7.3 - ESTAÇÃO DE MONITORIZAÇÃO EM CONTÍNUO DA RADIOACTI- VIDADE DA ÁGUA E SUAS CALIBRAÇÕES. (FRATEL - TEJO).	128
7.3.1 - INTRODUÇÃO	128
7.3.2 - SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE FRATEL	132

Quadro 10.18 - Cs-137 em peixes. Bacia do Cávado. . . .	231
Quadro 10.19 - Sr-90 em peixes. Bacia do Cávado. . . .	231
Quadro 10.20 - β total em peixes. Bacia do Cávado	232
Quadro 10.21 - Cs-137 na água. Bacia do Douro (Matéria dissolvida)	232
Quadro 10.22 - Sr-90 na água. Bacia do Douro (Matéria dissolvida)	233
Quadro 10.23 - Cs-137 em peixes. Bacia do Douro	233
Quadro 10.24 - Sr-90 em peixes. Bacia do Douro	234
Quadro 10.25 - β total em peixes. Bacia do Douro	234
Quadro 10.26 - Cs-137 na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida)	235
Quadro 10.27 - Sr-90 na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida)	235
Quadro 10.28 - H-3 na água - Bacia do Guadiana	236
Quadro 10.29 - β Total na água. Bacia do Guadiana (Matéria dissolvida).	236
Quadro 10.30 - β Total na água. Bacia do Guadiana (Matéria em suspensão)	237
Quadro 10.31 - Cs-137 em sedimentos. Bacia do Guadiana . .	237
Quadro 10.32 - β total em sedimentos. Bacia do Guadiana .	238
Quadro 10.33 - Cs-137 em plantas - Bacia do Guadiana . .	238
Quadro 10.34 - β Total em plantas - Bacia do Guadiana . .	239
Quadro 10.35 - Be-7 em plantas - Bacia do Guadiana . .	239
Quadro 10.36 - K-40 em plantas - Bacia do Guadiana . .	239
Quadro 10.37 - Cs-137 e β Total em peixes - Bacia do Guadiana.	240

Quadro 10.38 - Cs-137 na água. Bacia do Mondego (Matéria dissolvida).	240
Quadro 10.39 - Sr-90 na água. Bacia do Mondego (Matéria dissolvida).	241
Quadro 10.40 - Ra-226 em sedimentos. Bacia do Mondego . . .	241
Quadro 10.41 - Ra-228 em sedimentos. Bacia do Mondego . . .	242
Quadro 10.42 - K-40 em sedimentos. Bacia do Mondego . . .	242
Quadro 10.43 - Ra-226 em plantas. Bacia do Mondego . . .	243
Quadro 10.44 - Ra-228 em plantas. Bacia do Mondego . . .	243
Quadro 10.45 - K-40 em plantas. Bacia do Mondego . . .	243
Quadro 10.46 - Cs-137 em peixes. Bacia do Mondego . . .	244
Quadro 10.47 - Sr-90 em peixes. Bacia do Mondego . . .	244
Quadro 10.48 - β total em peixes. Bacia do Mondego . . .	244
Quadro 10.49 - Ra-226 em peixes. Bacia do Mondego . . .	245
Quadro 10.50 - Ra-228 em peixes. Bacia do Mondego . . .	245
Quadro 10.51 - K-40 em peixes. Bacia do Mondego . . .	245
Quadro 10.52 - Cs-137 na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	246
Quadro 10.53 - Sr-90 na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	247
Quadro 10.54 - H-3 na água - Bacia do Tejo	248
Quadro 10.55 - β Total na água. Bacia do Tejo (Matéria dissolvida).	249
Quadro 10.56 - β Total na água. Bacia do Tejo (Matéria em suspensão)	250
Quadro 10.57 - α Total na água. Bacia do Tejo	

7.3.3 - 1ª CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE FRATEL.	141
7.3.4 - 2ª CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE FRATEL.	143
7.4 - MONITORIZAÇÃO DA RADIOACTIVIDADE DO AR	156
7.5 - REDE DE MONITORIZAÇÃO EM CONTÍNUO DA RADIOACTIVIDADE NO AR. REDE DE ALERTA.	156
7.5.1 - INTRODUÇÃO	156
7.5.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA	159
7.5.3 - ESTAÇÕES DE MEDIDA	161
7.5.4 - PROCESSAMENTO DOS DADOS	168
7.6 - ESTAÇÃO MÓVEL DE MONITORIZAÇÃO DA RADIOACTIVIDADE DO AR.	180
7.6.1 - INTRODUÇÃO	180
7.6.2 - PROCESSAMENTO DOS DADOS	180
7.7 - DOSIMETRIA AMBIENTAL	188
8 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA USADOS NA VIGILANCIA DA RADIOACTIVIDADE AMBIENTAL EM PORTUGAL	190
8.1 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE USADOS PARA AMOSTRAS DE RIOS	190
8.1.1 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PELO DPSR	190
8.1.1.1 - MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE BETA TOTAL NA ÁGUA, SEDIMENTOS E MATERIAL BIOLÓGICO	190
8.1.1.2 - MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE BETA DE CÉSIO-137, ESTRÔNCIO-90 E IODO-131 NA ÁGUA	191
8.1.1.3 - MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE BETA DE TRÍTIO NA ÁGUA.	191

8.1.1.4 - ESPECTROMETRIA GAMA EM SEDIMENTOS E MATERIAL BIOLÓGICO	192
8.1.2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PELO ICBAS	192
8.1.3 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PELA EPAL	192
8.1.4 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PELO GPSN EM MONITORIZAÇÃO CONTÍNUA DE RIOS	192
8.2 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE USADOS PARA AMOSTRAS ATMOSFÉRICAS	197
8.2.1 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PELO INMG	197
8.2.1.1 - RADIOACTIVIDADE TOTAL NATURAL E ARTIFICIAL DO AR EM LISBOA.	197
8.2.1.2 - RADIOACTIVIDADE ARTIFICIAL DO AR. VALORES MÉDIOS DIÁRIOS DE (ESTRÔNCIO-90)+(CÉSIO-137)	198
8.2.1.3 - DEPOSIÇÃO SECA (EM FILTROS).	198
8.2.2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PELO DPSR PARA AMOSTRAS DE RELVA	199
8.3 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA DE RADIOACTIVIDADE USADOS PELO DPSR PARA AMOSTRAS DE ÁGUA DA CHUVA.	199
8.4 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA USADOS PELO GPSN E DPSR EM RADIAÇÃO EXTERNA	199
8.4.1 - DOSIMETRIA AMBIENTAL	199
8.4.2 - MONITORIZAÇÃO DIRECTA	200
9 - LOCAIS DE AMOSTRAGEM	204
9.1 - RIOS	204
9.1.1 - RIO AGUEDA	204
9.1.2 - RIO CAVADO	205

9.1.3 - RIO DOURO	206
9.1.4 - RIO GUADIANA	207
9.1.5 - RIO MONDEGO.	208
9.1.6 - RIO TEJO	209
9.1.7 - RIO ZÊZERE	210
9.2 - ATMOSFERA	211
9.2.1 - POEIRAS ATMOSFÉRICAS: RADIOACTIVIDADE NATURAL E ARTIFICIAL	211
9.2.2 - DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA	212
9.2.2.1 - DEPOSIÇÃO SECA (EM FILTROS).	212
9.2.2.2 - DEPOSIÇÃO NA RELVA	213
9.3 - ÁGUA DA CHUVA	214
9.4 - RADIAÇÃO EXTERNA	215
9.4.1 - DOSIMETRIA AMBIENTAL	215
9.4.2 - MONITORIZAÇÃO DIRECTA	224
10 - RESULTADOS	227
10.1 - RIOS	227
10.1.1 - RIO AGUEDA	227
10.1.1.1 - ÁGUA	227
10.1.1.2 - SEDIMENTOS	227
10.1.1.3 - PLANTAS	229
10.1.1.4 - PEIXES	229
10.1.2 - RIO CAVADO	230

10.1.2.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	230
10.1.2.2 - PEIXES	.	.	.	.	.	231
10.1.3 - RIO DOURO.	.	.	.	.	.	232
10.1.3.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	232
10.1.3.2 - PEIXES	.	.	.	.	.	233
10.1.4 - RIO GUADIANA	.	.	.	.	.	235
10.1.4.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	235
10.1.4.2 - SEDIMENTOS	.	.	.	.	.	237
10.1.4.3 - PLANTAS	.	.	.	.	.	238
10.1.4.4 - PEIXES	.	.	.	.	.	240
10.1.5 - RIO MONDEGO	.	.	.	.	.	240
10.1.5.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	240
10.1.5.2 - SEDIMENTOS	.	.	.	.	.	241
10.1.5.3 - PLANTAS	.	.	.	.	.	243
10.1.5.4 - PEIXES	.	.	.	.	.	244
10.1.6 - RIO TEJO	.	.	.	.	.	246
10.1.6.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	246
10.1.6.2 - SEDIMENTOS	.	.	.	.	.	251
10.1.6.3 - PLANTAS	.	.	.	.	.	259
10.1.6.4 - PEIXES	.	.	.	.	.	270
10.1.7 - RIO ZÉZERE	.	.	.	.	.	274
10.1.7.1 - ÁGUA	.	.	.	.	.	274
10.2 - ÁGUA DA CHUVA	.	.	.	.	.	290

10.3 - ATMOSFERA	291
10.3.1 - POEIRAS ATMOSFÉRICAS	291
10.3.1.1 - RADIOACTIVIDADE NATURAL	291
10.3.1.2 - RADIOACTIVIDADE ARTIFICIAL	295
10.3.2 - DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA	302
10.3.2.1 - DEPOSIÇÃO SECA (EM FILTROS)	302
10.3.2.2 - DEPOSIÇÃO NA RELVA.	325
10.4 - RADIAÇÃO EXTERNA	326
10.4.1 - DOSIMETRIA AMBIENTAL	326
10.4.2 - MONITORIZAÇÃO DIRECTA	360
10.5 - TRÍTIO EM ESPANHA. BACIA DO RIO TEJO	367
11 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	374
11.1 - RIOS E ÁGUA DA CHUVA	374
11.1.1 - CÉSIO-137 NA ÁGUA. RIOS TEJO, ZÊZERE E GUADIANA (DPSR/LNETI)	374
11.1.2 - CÉSIO-137 NA ÁGUA. RIOS CAVADO, DOURO E MONDEGO (ICBAS)	375
11.1.3 - ESTRÔNCIO-90 NA ÁGUA. RIOS TEJO, ZÊZERE E GUADIANA (DPSR/LNETI)	376
11.1.4 - ESTRÔNCIO-90 NA ÁGUA. RIOS CAVADO, DOURO E MONDEGO (ICBAS)	376
11.1.5 - TRÍTIO NA ÁGUA. RIOS TEJO, ZÊZERE E GUADIANA (DPSR/LNETI)	377
11.1.6 - BETA TOTAL NA ÁGUA (MATÉRIA DISSOLVIDA) RIOS TEJO, ZÊZERE E GUADIANA (DPSR/LNETI) E TEJO (EPAL)	377

11.1.7 - BETA TOTAL NA ÁGUA (MATÉRIA EM SUSPEN- SÃO). RIOS TEJO, ZÊZERE E GUADIANA. (DPSR/LNETI)	378
11.1.8 - CÉSIO-137 EM SEDIMENTOS. RIOS TEJO E GUADIANA	379
11.1.9 - BETA TOTAL EM SEDIMENTOS. RIOS TEJO E GUADIANA	380
11.1.10 - CÉSIO-137 EM PLANTAS. RIOS TEJO E GUADIANA.	381
11.1.11 - BETA TOTAL EM PLANTAS. RIOS TEJO E GUADIANA.	381
11.1.12 - CÉSIO-137 EM PEIXES. RIOS TEJO E GUADIANA.	381
11.1.13 - BETA TOTAL EM PEIXES. RIO TEJO	382
11.1.14 - CÉSIO-137 E ESTRÔNCIO-90 EM PEIXES RIOS CAVADO, DOURO E MONDEGO (ICBAS)	382
11.1.15 - BETA TOTAL EM PEIXES. RIOS CAVADO, DOURO E MONDEGO (ICBAS)	382
11.1.16 - MONITORIZAÇÃO EM CONTÍNUO - FRATEL (TEJO).	383
11.1.17 - TRÍTIO EM ESPANHA. BACIA DO RIO TEJO	383
11.2 - ATMOSFERA.	385
11.2.1 - POEIRAS ATMOSFÉRICAS	385
11.2.2 - DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA	385
11.3 - RADIAÇÃO EXTERNA	386
11.3.1 - DOSIMETRIA AMBIENTAL	386
11.3.2 - MONITORIZAÇÃO DIRECTA	387
12 - CONCLUSÕES	390
BIBLIOGRAFIA	399