



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Avaliação do Risco Ambiental e Cálculo da Magnitude do Dano em ETAR

Fábio Miguel Pimenta Marques

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia do Ambiente

Júri

Presidente: Professor Doutor José Manuel de Saldanha Matos
Orientador: Professor Doutor João de Quinhones Levy
Vogais: Dr.^a Sofia Isabel Rodrigues Sá Santos

Março de 2012

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor João de Quinhones Levy pela motivação e apoio prestado no decorrer do trabalho cujo desafio era ambicioso, sobre uma área que em Portugal está, ainda, a dar os primeiros passos, representando, por isso, uma oportunidade de desenvolver um projecto com uma aplicação prática de enorme utilidade, como é a avaliação de risco ambiental e o cálculo da magnitude do dano em ETAR, no âmbito da Directiva de Responsabilidade Ambiental.

Gostaria de expressar um agradecimento à SIMTEJO, Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão, S.A., na pessoa da Dr.^a Ana Paula Teixeira, a disponibilidade para esclarecimentos de dúvidas, cedência de dados e visita às infra-estruturas.

Agradeço também à Dr.^a Sofia Sá pela simpatia e disponibilidade revelada sempre que necessitei de informação jurídica referente ao tema da dissertação.

Aos verdadeiros amigos que sempre me apoiaram, contribuindo de forma directa ou indirecta na realização deste trabalho e que em períodos complicados sempre deram apoio, motivação e amizade. Adoraria referir todas as pessoas mas tal tornar-se-ia extenso, no entanto não posso deixar de mencionar alguns deles: Sara Amaral, Lídia Gama, João Matos, Susana Guerreiro, Carlota Dias, Pedro Costa, Ana Rita Marçal, David Figueiredo, Ema Monteiro, Pedro Dias, Tiago Gonçalves, Ana Braz da Silva, entre muitos outros.

Agradeço também à minha família, primos, tios que sempre se preocuparam e sempre me deram apoio e incentivo. Aos meus pais, Ana Marques e Manuel Pimenta que sempre fizeram um esforço para que eu pudesse seguir o meu percurso estudantil sem percalços e que educaram-me por forma a entender que na vida é preciso sacrifício, empenho para conseguir uma vida melhor. A eles ficarei eternamente grato e poderão contar comigo sempre que precisarem.

RESUMO

O tema da presente dissertação está relacionado com a necessidade de elaborar uma avaliação de risco ambiental de ETAR e posterior cálculo da magnitude dos danos que podem vir a ocorrer, no âmbito da Directiva n.º 2004/35/CE, de 21 de Abril, denominada Directiva de Responsabilidade Ambiental. Este diploma promove a constituição de garantias financeiras por parte de actividades operacionais referidas no seu Anexo III, sendo assim da responsabilidade dos operadores e dos *stakeholders*, os custos e a aplicação de medidas de reparação a componentes ambientais que tenham sido perturbados. A transposição da directiva para a ordem jurídica nacional através do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho estabeleceu o regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais, sendo que Portugal optou pela obrigatoriedade de constituição de garantias financeiras para as actividades consideradas no Anexo III.

A avaliação dos riscos ambientais da ETAR em estudo permite concluir que as operações de *bypass*, ruptura de órgãos de tratamento e de tubagens de transporte de efluentes são os principais eventos que podem ocorrer com capacidade de provocar danos ambientais, sendo que as ocorrências que abordam rupturas de órgão são as que apresentam maior magnitude do dano. Além da magnitude do dano foi também possível determinar o valor do prémio de seguro a ser estabelecido pelo responsável, visto que é a opção que mais é aplicada no país. Todavia, a resolução desta problemática passa muito pela sensibilização dos operadores das actividades.

PALAVRAS-CHAVE: directiva de responsabilidade ambiental, ETAR, garantias financeiras, magnitude do dano, actividades operacionais.

ABSTRACT

The dissertation's scope is related to the need for environmental risk assessment of WWTP and subsequent calculation of the magnitude of damage that may occur in the context of Directive n. ° 2004/35/CE of 21 April, known as Environmental Liability Directive. This law promotes the formation of financial guarantees by activities referred in Annex III, and therefore the responsibility of the operators and stakeholders, costs and implementation of measures to repair environmental vectors that have been disturbed. The transposition of the directive into national law by Decree-Law n. ° 147/2008 of 29 July established the legal regime of liability for environmental damage, and Portugal opted for mandatory financial guarantees for activities considered in Annex III.

The study of environmental risk assessment of the WWTP shows that bypass operations, organ rupture and pipes rupture are the main events that can occur with potential to cause environmental damage, and the events that address disruptions organs are those with the greatest magnitude of damage. Besides the magnitude of damage was also possible to determine the value of the insurance premium to be established by the head, as it is the option that is applied in the country.

KEYWORD: environmental liability directive, WWTP, financial guarantees, magnitude of damage, occupational activities.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE QUADROS.....	XIII
ACRONÓNIMOS E SIGLAS.....	XV
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificação do tema e objectivos.....	1
1.2 Metodologia da dissertação	3
1.3 Estrutura da dissertação	4
2 RESPONSABILIDADE AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS	7
2.1 Evolução da análise e avaliação de riscos ambientais	7
2.2 Metodologias de análise e avaliação de riscos ambiental na EU	9
2.3 Evolução da Responsabilidade Ambiental.....	14
2.3.1 Regime Responsabilidade Ambiental na Europa.....	14
2.3.2 Abordagem da Responsabilidade Ambiental nos E.U.A.....	15
2.3.3 Directiva Seveso.....	17
2.4 Directiva Responsabilidade Ambiental	19
2.5 Transposição da Directiva nos Estados-Membros.....	23
2.6 Decreto-Lei n.º 147/2008	28
2.7 Responsabilidade solidária dos cargos dirigentes	35
3 TRATAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS GERAIS EM ETAR.....	37
3.1 Tratamento de águas residuais.....	37
3.2 Riscos com danos ambientais no âmbito da DRA	42
3.2.1 Recursos hídricos	42
3.2.2 Solo.....	44
3.2.3 Espécies e <i>habitats</i> naturais protegidos	46
3.3 Ocorrências gerais em ETAR.....	47

3.4	Nível de magnitude dos danos ambientais	52
3.5	Magnitude dos danos ambientais em valor monetário	56
3.6	Custos/danos ambientais associados	60
4	ESTUDO DE CASO – ETAR DE BEIROLAS.....	63
4.1	Caracterização do sistema multimunicipal do Tejo e Trancão	63
4.2	Subsistema de Beirolas	65
4.3	Descrição da situação ambiental de referência	67
4.4	Processo de tratamento da ETAR de Beirolas	69
4.4.1	Remodelação do processo de tratamento da ETAR	69
4.4.2	Fase Líquida.....	72
4.4.3	Fase Sólida.....	77
4.4.4	Fase Gasosa	78
4.4.5	Resíduos do processo de tratamento.....	80
4.5	Identificação dos riscos ambientais da ETAR de Beirolas	81
4.5.1	Riscos Ambientais no Pré-Tratamento	81
4.5.2	Riscos Ambientais no Tratamento Primário.....	85
4.5.3	Riscos Ambientais no Tratamento Secundário	89
4.5.4	Riscos Ambientais no Tratamento Terciário	93
4.5.5	Riscos Ambientais no Tratamento da Fase Sólida e Gasosa.....	95
4.6	Cálculo do risco ambiental para o estudo de caso.....	98
5	CONCLUSÕES E REFLEXÕES FINAIS.....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXO I – Reparação dos danos ambientais no âmbito da DRA.	I
	ANEXO II – Quadro dos valores de taxas de falha de equipamentos existentes em ETAR.	III
	ANEXO III – Cartografia de uma parte do PDM de Loures em vigor.	VII
	ANEXO IV – Quadro com lista de espécies da ZPE do Estuário do Tejo.	IX
	ANEXO V – Quadro-base para o cálculo do montante da garantia financeira.	XI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da metodologia utilizada na dissertação.....	4
Figura 2 - Diagrama de orientação na identificação dos instrumentos para a análise de risco ambiental. Adaptado de (Álvarez, 2010).....	9
Figura 3 – Modelo conceptual aplicado pela metodologia ERIC. Adaptado: (Nobre, 2011).....	12
Figura 4 - Cronograma da evolução da responsabilidade ambiental em Portugal. Fonte: (Sá, 2011). 15	
Figura 5 - Aplicação Temporal das Directivas Seveso II e DRA a uma Actividade Abrangida. Fonte: (URSEspanha, 2010).	18
Figura 6 - Esquema sobre os componentes ambientais abrangidos pela DRA. Fonte: n.º1 do artigo 2.º da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004.	19
Figura 7 - Recursos naturais e/ou serviços abrangidos pela DRA. Fonte: <i>alínea a) e b)</i> do n.º1 do artigo 3.º da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004.....	21
Figura 8 - Fluxograma do processo de reparação de um recurso natural.....	22
Figura 9 - Responsabilidade Ambiental no âmbito da DRA. Adaptado de: (URSEspanha, 2010).	23
Figura 10 - Limites da Garantia Financeira Obrigatória em Espanha.	24
Figura 11 - Processo REMEDE. Fonte: Adaptado de (Cole, 2008).	27
Figura 12 - Listagem dos componentes ambientais considerados pela Lei de Bases do Ambiente. ...	28
Figura 13 - Estrutura do Regime Jurídico sobre Responsabilidade Ambiental.....	29
Figura 14 – Exemplos de garantias financeiras disponíveis para actividades do Anexo III.	32
Figura 15 - Fluxograma do processo de funcionamento do RJRA.....	34
Figura 16 - Triângulo de relação entre os intervenientes, na ocorrência de um dano ambiental.	35
Figura 17 - Regiões hidrográficas portuguesas de acordo com a DQA. Fonte: (INAG, 2005).	37
Figura 18 - Distribuição do tipo de tratamento das ETAR por RH, para o ano de 2009. Fonte: (INSAAR, 2010).	38
Figura 19 – Linha geral de depuração das águas residuais.	38
Figura 20 – Órgãos inseridos no processo de tratamento da fase líquida de uma ETAR.....	40
Figura 21 - Processo de tratamento da fase sólida de uma ETAR.	40
Figura 22 - Processo de tratamento da fase gasosa de uma ETAR.	42
Figura 23 – Evolução percentual de distritos portugueses no século XX e inícios de XXI. Adaptado de: (Moreira e Rodrigues, n.d.).....	42
Figura 24 - Acções passíveis de impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR.	47
Figura 25 - Acções passíveis de impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR, no âmbito da responsabilidade ambiental.	48
Figura 26 – Instrumentos de caracterização da situação de referência da actividade operacional.....	53
Figura 27 - Fluxograma do conjunto de cálculos efectuados para a obtenção da garantia financeira. 59	
Figura 28 - Estrutura accionista da SIMTEJO. Fonte: SIMTEJO, 2010.	64
Figura 29 - Sistema Multimunicipal da SIMTEJO (Imagem sem escala). Fonte: SIMTEJO, 2011 64	
Figura 30 – Localização do pré-tratamento da ETAR de Beirolas.	72

Figura 31 – Localização do tratamento primário da ETAR de Beirolas.	74
Figura 32 – Localização do tratamento secundário da ETAR de Beirolas.	75
Figura 33 – Localização do tratamento de afinação da ETAR de Beirolas.	76
Figura 34 - Localização do Tratamento de Lamas na ETAR de Beirolas.	77
Figura 35 - Localização da Linha de Biogás na ETAR de Beirolas.	79
Figura 36 - Localização do Sistema de Desodorização na ETAR de Beirolas.	80
Figura 37 - Relação entre o prémio de seguro e a franquia na elaboração de um contrato. Adaptado de: (Freeman e Kunreuther, 1997).	99
Figura 38 – Variação do prémio de seguro e da franquia da apólice de seguro.	101
Figura 39 - Localização da ETAR de Beirolas no PDM de Loures. Fonte:(C.M.Loures, n.d.).	VII
Figura 40 - Localização de área REN no PDM de Loures. Adaptado: Fonte:(C.M.Loures, n.d.).	VIII

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos da DRA versus Coberturas existentes. Fonte:(CEA, 2009).	25
Quadro 2 - Danos ambientais considerados na directiva europeia e na lei nacional.....	31
Quadro 3 – Valores limite de concentração de lamas de ETAR a aplicar em solos agrícolas. Adaptado de Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro.....	45
Quadro 4 - Lista de operações de <i>bypass</i> em ETAR.	49
Quadro 5 - Grau de abrangência de eventos com danos ambientais.	55
Quadro 6 - Grau de gravidade dos danos ambientais.	55
Quadro 7 – Matriz do grau de relevância de um evento.....	55
Quadro 8 – Custos associados às medidas de reparação dos recursos hídricos superficiais.	61
Quadro 9 - Dados do grupo AdP. Fonte: Adaptado de (AdP, 2011).	63
Quadro 10 - Sectores de actividade do grupo AdP. Fonte: Adaptado de (AdP, 2011).	63
Quadro 11 – Características globais das águas residuais da ETAR de Beirolas e da legislação.	66
Quadro 12 - Processo de tratamento da ETAR de Beirolas. Fonte: (Sousa, 2001).....	70
Quadro 13 - Classificação dos resíduos produzidos na ETAR de Beirolas.	81
Quadro 14 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de pré-tratamento do estudo de caso.....	82
Quadro 15 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento primário do estudo de caso.	86
Quadro 16 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento secundário do estudo de caso.....	90
Quadro 17 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento terciário do estudo de caso.	94
Quadro 18 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento de lamas do estudo de caso.	96
Quadro 19 - Valor da magnitude do dano e do risco associado.	100
Quadro 20 - Valores de frequência de probabilidades de falhas de componentes de ETAR.....	III
Quadro 21 - Lista de espécies inseridas na ZPE do estuário do Tejo. Adaptado de: (ICNB, nd).....	IX
Quadro 22 - Avaliação de risco associado aos ID de ocorrência.....	XI

ACRONÓNIMOS E SIGLAS

ANMP	Associação Nacional de Municípios Portugueses
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR	Águas Residuais
ARU	Águas Residuais Urbanas
CBO₅	Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias
CEE	Comunidade Económica Europeia
CF	Coliformes Fecais
CH₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CQO	Carência Química de Oxigénio
DL	Decreto-Lei
DRA	Directiva de Responsabilidade Ambiental
EE	Estação Elevatória
EM	Estados-Membros
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
FIA	Fundo de Intervenção Ambiental
H₂S	Sulfureto de hidrogénio
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
IST	Instituto Superior Técnico
LBA	Lei de Bases do Ambiente
MAOT	Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território
N	Azoto
NAOCI	Hipoclorito de Sódio
NAOH	Hidróxido de Sódio
NH₃	Amoníaco
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
RA	Responsabilidade Ambiental
RJRA	Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental
SIMTEJO	Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão

SIRAPA	Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente
SS	Sólidos Suspensos
SST	Sólidos Suspensos Totais
UE	União Europeia
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultra Violeta
VMA	Valor Máximo Admitido
VMR	Valor Máximo Recomendado

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificação do tema e objectivos

Falar de responsabilidade ambiental estava associado a danos causados às pessoas e às coisas. Com o passar dos anos, este conceito foi sendo alargado, no sentido de abranger danos causados à natureza em si, ao património natural e aos fundamentos naturais da vida.

Desta forma, a responsabilidade ambiental visa responsabilizar o causador de danos ambientais a pagar a reparação dos danos que causou através de normas e procedimentos destinados a preservar o ambiente. É um tema que surgiu em meados dos anos 80 na Europa quando a União Europeia (EU) era formada por 10 Estados-Membros (EM), tendo sido elaborado um regime de responsabilidade sobre danos causados por resíduos.

Após a composição deste documento, surgiu na UE publicações, tais como o “Livro Verde” e “Livro Branco” que abordam a temática de responsabilidade ambiental. Este último culmina na produção de uma Directiva-Quadro, por forma a estabelecer os principais princípios de política ambiental consagrada no Tratado CE (n.º 2 do artigo 174º), sobretudo o princípio do poluidor-pagador.

O princípio de responsabilizar o poluidor pelo dano ambiental causado produziu um efeito de prevenção dos riscos e dos danos, além de encorajar o investimento em investigação e de desenvolvimento para aumentar os conhecimentos e melhorar as tecnologias (Comissão, 2000).

No entanto, com o avançar das décadas, houve a necessidade de dar um novo impulso à temática da responsabilidade ambiental devido à acumulação a nível europeu de locais contaminados com riscos significativos quer para saúde, quer para a perda de biodiversidade. Desta forma foram criados instrumentos baseados na aplicação do princípio do poluidor-pagador, em consonância com o princípio do desenvolvimento sustentável, tendo ganho expressão através da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004, mais conhecida como Directiva de Responsabilidade Ambiental (DRA).

A DRA estabelece um quadro comum de responsabilidade ambiental a operadores de determinadas actividades ocupacionais enumeradas no regime comunitário, de forma a precaver e a reparar possíveis danos que possam ocorrer nos recursos hídricos, espécies e *habitats* naturais protegidos e ao solo, incitando os operadores a munirem-se de uma garantia financeira. Serão sim, os EM que constituem a UE que deverão incentivar ou até tornar obrigatório a constituição por parte dos operadores de mecanismos financeiros que garantam a aplicação de medidas de prevenção e de reparação, de forma a responsabilizar os operadores e não apenas ao pagamento de coimas.

A transposição da DRA para o direito português dá-se através do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 Julho, estabelecendo-se assim o Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental (RJRA) por danos ambientais exigindo a constituição de uma garantia financeira às actividades listadas no Anexo III.

O conjunto de actividades económicas enumeradas no Anexo III do RJRA apresentam uma elevada heterogeneidade, sendo necessário identificar as ocorrências que podem originar danos ambientais de cada actividade. A indústria em geral tem sido muito estudada e observada, no sentido de reconhecer quais as situações com probabilidade de ocorrerem. No sentido oposto, encontram-se actividades económicas como as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), que se enquadram nas actividades 3, 4 ou 5 do Anexo III do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, que necessitam de constituir garantias financeiras, incorrendo assim em incumprimento legal. Uma das razões possíveis é a dificuldade em materializar financeiramente os riscos ambientais da actividade em questão.

No geral, a fase de construção e de exploração de uma ETAR são as que podem originar impactes ambientais significativos atingindo vastos domínios. No entanto e no âmbito da dissertação, o estudo sobre as ETAR, recai especificamente à fase de exploração de um estudo de caso de uma ETAR.

A decisão incidiu sobre a ETAR de Beirolas, uma estação que apresenta tratamento terciário com desinfecção por Ultra Violetas (UV) e valorização energética das lamas produzidas no processo depurativo das águas que afluem à ETAR.

O presente estudo visa concretizar determinados objectivos que de certa forma, proporcione aos operadores de ETAR orientações de como abordar e responder eficazmente ao regime de responsabilidade ambiental. Neste sentido, a presente dissertação apresenta os seguintes objectivos:

- Estabelecer uma metodologia de avaliação de riscos ambientais relativamente à actividade ocupacional do estudo de caso.
- Cálculo da magnitude do dano e conseqüente garantia financeira necessária em relação ao caso de estudo, ETAR de Beirolas.

De salientar que o estudo foi realizado com a concordância da SIMTEJO, empresa de capitais públicos e gestora da ETAR de Beirolas e de outras ETAR que se encontram nos Municípios da Amadora, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas e Vila Franca de Xira.

1.2 Metodologia da dissertação

A presente dissertação tem claramente definido os objectivos a serem cumpridos, análise e avaliação dos riscos ambientais inerentes à actividade ocupacional do estudo de caso, e posterior estimativa da magnitude do dano para a constituição da garantia financeira, obrigatória para actividades listadas no Anexo III do RJRA, da qual a actividade do estudo de caso está incluída.

Desta forma, foi necessário estabelecer uma metodologia base a fim de concretizar com eficácia os objectivos definidos, tentando estabelecer ferramentas e critérios comuns para realizar uma análise e avaliação de riscos do sector de actividade em estudo. O presente estudo poderá ser um auxílio para operadores do mesmo sector de actividade na análise e posterior avaliação dos seus riscos e calcular os custos associados à garantia financeira

A análise, avaliação e monetarização dos riscos ambientais efectuada às instalações da ETAR em estudo foi dividida em três fases, como se pode observar na Figura 1.

Numa 1.^a fase, o estudo incidiu sobre as componentes ambientais envolventes à ETAR, considerados no RJRA, procedendo-se à sua caracterização. Ainda na mesma etapa, fez-se um levantamento do registo histórico de acidentes ambientais ocorridos na ETAR em estudo e em instalações similares de tratamento de água residuais e de águas para abastecimento, de forma a elaborar uma lista provisória e geral de acidentes com possível ocorrência, a considerar na análise de risco. O registo de ocorrências teve por base pesquisa bibliográfica, recurso a notícias publicadas em jornais e informações obtidas junto de organismos públicos.

Na 2.^a fase do processo, foi efectuada uma visita às instalações da ETAR a fim de ter-se uma perspectiva real dos processos de tratamento que são executados nas instalações e das fontes de perigo. Com a visita efectuada, procedeu-se a uma triagem dos acidentes listados na fase inicial, seleccionando-se as ocorrências registadas e as ocorrências não listadas mas de ocorrência possível. Após o processo de triagem, e dado que não houve acesso ao registo histórico de eventos ocorridos nas instalações ou na envolvente da ETAR, recorreu-se a literatura e a normas legais que indicam valores de frequências relativas sobre falhas ou rupturas ao nível de equipamento mecânico e ao nível de estruturas de betão, semelhantes à ETAR do estudo de caso.

Estas duas primeiras fases são determinantes para a estimativa do valor da garantia financeira que a instalação posteriormente deverá constituir face à obrigatoriedade do diploma de responsabilidade ambiental.

A fase final do estudo (3.^a fase) consistiu na monetarização da magnitude do dano dos cenários seleccionados nas fases anteriores. Para tal, recorreu-se a valores de mercado médios para técnicas de remediação disponíveis, tendo em atenção o estado inicial das componentes ambientais descritos na fase inicial do estudo. A estimativa do valor da garantia financeira consistiu no risco que está associado a cada ocorrência, que é função da probabilidade e da respectiva magnitude. Dado que se tratam de eventos independentes e para calcular a probabilidade de ocorrência do número de eventos por unidade de tempo, recorreu-se à distribuição de probabilidades de Poisson.

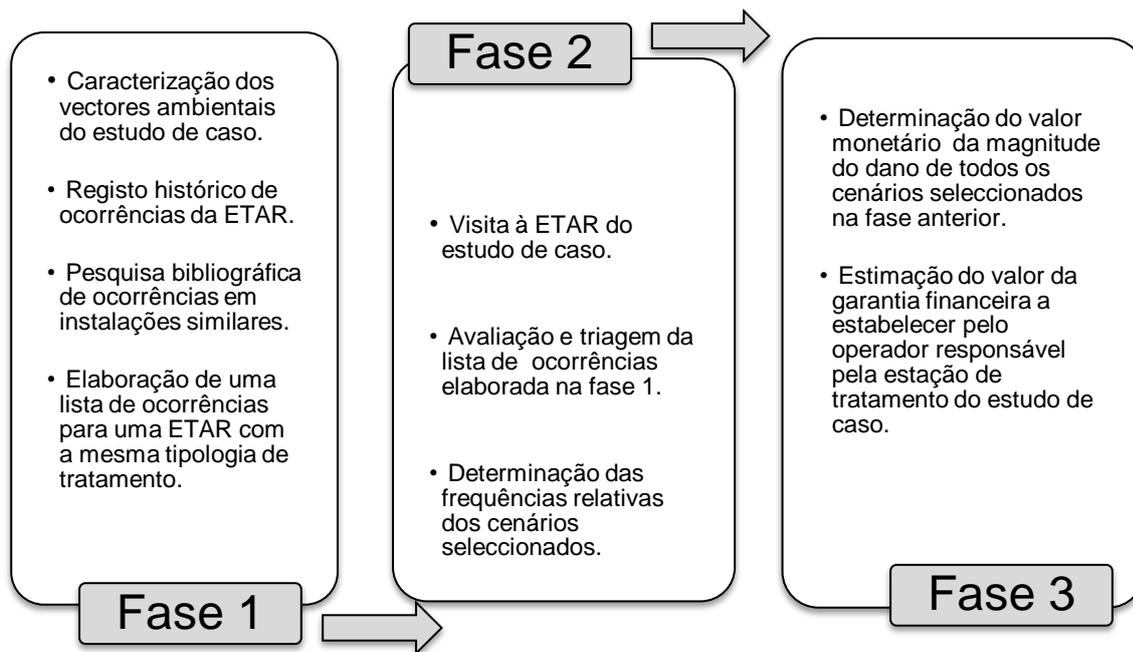


Figura 1 - Esquema da metodologia utilizada na dissertação.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos principais. No **primeiro capítulo** é feita uma pequena introdução da temática do estudo, onde são definidos os objectivos propostos e a metodologia aplicada na dissertação.

O **segundo capítulo** foi dividido em quatro partes. A primeira parte aborda os conceitos de avaliação de risco ambiental, com destaque para os vários métodos de avaliação de risco ambiental e para os guias metodológicos desenvolvidos com base na Directiva de Responsabilidade Ambiental. Em seguida é abordado a evolução da responsabilidade ambiental ao longo dos anos em Portugal, na Europa e nos EUA. As duas últimas partes do presente capítulo abordam a Directiva de Responsabilidade Ambiental e o respectivo diploma transposto para a legislação portuguesa e como ele se diferencia da respectiva directiva.

No **terceiro capítulo** é descrito genericamente o processo de tratamento de uma ETAR com tratamento terciário, com valorização das lamas produzidas. É também exposto, um conjunto de ocorrências gerais, que se podem verificar nas instalações da actividade e durante o processo de tratamento das águas residuais e que podem provocar danos ambientais nos componentes ambientais considerados no diploma.

Neste capítulo é também descrito o processo de cálculo da magnitude dos danos ambientais a nível financeiro, com especial incidência para o recurso a probabilidades.

O capítulo seguinte, **quarto capítulo** - aborda o estudo de caso do presente trabalho onde se procede à caracterização da ETAR de Beirolas, da zona envolvente à actividade. Além destes, descreve-se também o processo de tratamento que a ETAR efectua às águas residuais afluentes antes de as descarregar no meio receptor e também se procede à identificação de possíveis ocorrências que poderão originar danos ambientais.

É também elaborado o processo de cálculo do montante a segurar pela actividade, através da obtenção de uma apólice de seguro.

Por fim, no **quinto capítulo** são apresentadas as conclusões e reflexões mais relevantes deste estudo.

Além dos capítulos, o presente trabalho também é composto por um conjunto de anexos com informação relevante para o desenvolvimento da temática em questão. Desta forma, no **Anexo I** encontra-se as medidas de reparação dos danos ambientais que se podem aplicar aos componentes ambientais considerados na Directiva de Responsabilidade Ambiental.

No **Anexo II** é possível encontrar um quadro com valores de frequência de probabilidades de falhas de componentes idênticos aos que compõem a ETAR do estudo de caso.

O **Anexo III** compreende a cartografia de uma parte do PDM do município de Loures, onde se pode identificar a localização da ETAR de Beirolas, tal como a existência de área REN.

No **Anexo IV**, encontra-se um quadro com uma lista de espécies que se podem encontrar na Zona de Protecção Especial do Estuário do Tejo.

Por último, no **Anexo V** pode-se encontrar um quadro-base de cálculo do montante da garantia financeira sobre todas as ocorrências identificadas que podem verificar-se.

2 RESPONSABILIDADE AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

2.1 Evolução da análise e avaliação de riscos ambientais

A análise e consequente avaliação de risco são uma necessidade que surge do facto de se tentar minimizar e gerir riscos associados a actividades. A avaliação de risco está associada a incertezas, relativas à possibilidade de ocorrência de um acidente grave com capacidade para provocar danos tanto no Homem como no Ambiente.

A avaliação de riscos é o “*procedimento segundo o qual riscos associados aos perigos inerentes envolvidos em processos ou situações são estimados quer quantitativamente, quer qualitativamente. (...) O risco é estimado através da incorporação de uma medida da probabilidade de o perigo causar danos e de uma medida da gravidade dos danos, quer em termos de consequências para as pessoas, quer em termos de consequências para o ambiente*” (Fairman *et al.*, 1999). Uma abordagem mais simples, a análise de risco “é a sistemática da informação disponível para identificar os perigos e estimar os riscos” (UNE150008:2008EX).

Segundo a *alínea d)* do n.º 2 do artigo 23º da Portaria n.º 732-A/96¹, de 11 de Dezembro que aprova o Regulamento para a Notificação de Substâncias Químicas e para a Classificação, Embalagem e Rotulagem de Substâncias Perigosas, a caracterização de risco “*consiste na estimativa da incidência e da gravidade dos efeitos adversos que podem ocorrer numa população humana ou num compartimento ambiental, devido à exposição efectiva ou previsível a uma substância, podendo incluir a «estimativa dos riscos», isto é, a quantificação dessa probabilidade*”.

A avaliação de riscos consiste em valores de probabilidade ou de frequência de um dado evento poder ocorrer, podendo ser expressa em termos qualitativos ou quantitativos. No âmbito da presente dissertação, o processo de avaliação de riscos recai exclusivamente na avaliação de riscos ambientais. Desta forma e segundo a Lei de Bases do Ambiente (LBA) considera-se que Ambiente é o conjunto dos sistemas físicos, químicos, biológicos e suas relações e dos factores económicos, sociais e culturais com efeito directos ou indirectos, mediato ou imediato, sobre os seres vivos e a qualidade do homem. O presente trabalho centra-se na avaliação de riscos ambientais associados a uma actividade ocupacional destinada ao tratamento de águas residuais domésticas e industriais.

Na análise de riscos ambientais está inerente um certo grau de subjectividade, incerteza, que varia consoante a técnica de análise seleccionada, com os níveis de tolerabilidade admitidos por cada país, tal como com os responsáveis que elaboram a análise. Existem ainda inúmeras dificuldades reunidas em torno da avaliação de riscos ambientais associadas às consequências do próprio evento, tal como substâncias químicas que depende da sua reactividade e da sua dispersão ocorridas no meio ambiente (OCDE, 2002).

¹ Diploma não se encontra vigente tendo sido revogado pelo Decreto-Lei n.º 98/2010, de 11 de Agosto e pelo Regulamento n.º 1272/2002, de 16 de Dezembro, que se aplicam quanto à classificação e à rotulagem e embalagem, respectivamente.

Tal dificuldade prende-se com o facto de a análise de risco ainda se encontrar muito centrada no risco sofrido pelo ser humano, e a avaliação de risco ambiental requer um grau de sensibilidade superior indispensável, derivado da diversidade ecológica do local de estudo, do nível de exposição ao evento e da vulnerabilidade que cada grupo taxonómico possui. Actualmente opta-se por seleccionar seres vivos dos grupos taxonómicos principais e utilizá-los como representantes para todo o sistema, devido às dificuldades de recolha de informação toxicológica para cada organismo (Fairman *et al.*, 1999).

A gravidade das consequências ambientais é influenciada pelas características do local afectado. Por outras palavras, na hipótese de se verificar um derrame numa área envolvendo substâncias perigosas, as consequências ambientais terão níveis de gravidade distintos, caso ocorra em áreas que sirvam *habitats* e espécies classificadas segundo um grau de protecção e uma área que não é alvo de protecção especial para a conservação da natureza.

Para além da área afectada e das consequências ambientais intrínsecas ao cenário, existem outros factores que devem ser levados em consideração na análise de possíveis riscos ambientais, como a altura do ano em que poderá ocorrer o acidente. Exemplificando, no caso de se verificar uma descarga de um contaminante num estuário com um papel importante na conservação de populações de aves invernantes, o impacte da descarga poderá ser menos expressivo para as espécies, se ocorrer no Verão e não originar resíduos tóxicos que contaminem a área afectada até à altura de migração das aves para o estuário.

Apesar das dificuldades próprias da avaliação de riscos ambientais, este processo é extremamente valioso no sentido de facilitar a gestão de riscos para o ambiente associados com riscos graves. A escassez de informação detalhada relativamente às consequências ambientais de acidentes ocorridos no passado dificulta também, a previsão das consequências de possíveis acidentes, não podendo ser utilizado como justificação dos operadores, a não análise e avaliação de riscos ambientais (EnvironmentAgency, 1999; OCDE, 2002).

A tradução para valores monetários de ocorrências da responsabilidade de actividades operacionais inseridas no Anexo III do regime de responsabilidade ambiental resulta de um processo exaustivo de análise e posterior avaliação dos riscos resultantes de um conjunto de eventos identificados. O objectivo final, a monetização dos danos ambientais identificados, pode seguir diversas metodologias de análise e avaliação de risco.

A avaliação de risco ambiental efectuada a uma actividade industrial pode ser alvo de diversas abordagens, consoante a metodologia escolhida. Em seguida é apresentado um conjunto de técnicas relevantes na análise e avaliação de risco ambiental que podem ser aplicados no âmbito da responsabilidade ambiental.

2.2 Metodologias de análise e avaliação de riscos ambiental na EU

i. Espanha

A legislação afecta à responsabilidade ambiental em Espanha prevê a criação de instrumentos para que os operadores enumerados no Anexo III possam levar a cabo uma análise de risco ambiental a nível sectorial. As análises de risco ambiental baseiam-se na norma espanhola UNE 150008:2008 e em outras normas equivalentes. A análise de risco ambiental por sectores de actividade pode consistir em modelos MIRAT², tabelas de cálculos bem como guias de análise de risco ambiental entre sectores que revelem um elevado grau de homogeneidade.

No âmbito da RA, determinadas organizações sectoriais de Espanha desenvolveram projectos experimentais para facilitar aos operadores sujeitos ao regime de responsabilidade ambiental o cumprimento dos requisitos legais impostos.

Estas ferramentas sectoriais, dependentes da aprovação do MMA³ de Espanha, têm o objectivo de estabelecer critérios comuns para realizar uma análise de riscos industriais por sector de actividade, permitindo aos operadores de actividades com maior grau de heterogeneidade, analisar os seus riscos e calcular os custos associados à garantia financeira de forma homogénea (URSEspanha, 2010). Encontra-se também em desenvolvimento um projecto que visa facilitar a avaliação de custos associados à reparação primária, estabelecendo o valor económico de cada hectare de terreno.

Os modelos MIRAT e as tabelas de cálculos aplicam-se quando distintas actividades que integram o mesmo sector apresentam uma elevada homogeneidade. Por outro lado, quando actividades de um mesmo sector apresentem um grau elevado de heterogeneidade dos cenários de riscos ambientais, opta-se por guias metodológicos.

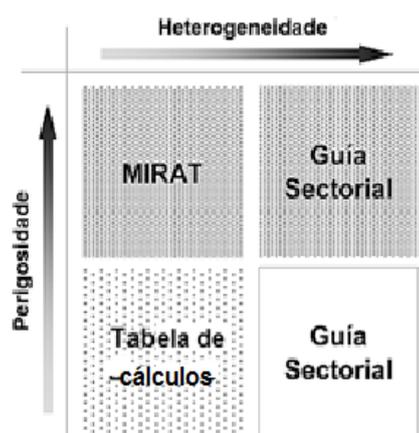


Figura 2 - Diagrama de orientação na identificação dos instrumentos para a análise de risco ambiental. Adaptado de (Álvarez, 2010).

² MIRAT "Modelos de Informe de Riesgos Ambientales Tipo".

³ MMA "Ministerio de Medio Ambiente".

Tal como referido, a Norma UNE 150008:2008 elaborada pela AENOR⁴ constitui uma ferramenta para a análise e avaliação de risco ambiental de organizações na perspectiva do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho. Qualquer factor ambiental que pode ser afectado derivado das mais variadas ocorrências é objecto da presente norma. Para além de abranger o meio abiótico⁵ e o meio biótico⁶, também é do seu âmbito a envolvente humana e sócio-económica.

A norma apresenta uma metodologia que se estrutura em três etapas principais: identificação dos perigos ambientais, estimativa do risco ambiental e avaliação dos riscos ambientais.

A identificação dos perigos ambientais engloba o diagnóstico das fontes de perigo, a elaboração de uma lista de factos iniciadores de acidente, a documentação das medidas de prevenção e mitigação, o diagnóstico da envolvente da actividade e por último, o diagnóstico dos perigos que derivam da acção da envolvente sobre a actividade em estudo.

A segunda etapa abrange a postulação de cenários de cada acontecimento iniciador e posterior estimativa da probabilidade ou frequência de ocorrência de determinados cenários. A estimativa dos riscos consiste na multiplicação dos índices de probabilidade de ocorrência de cenários com os índices de gravidade. A avaliação da gravidade envolve um conjunto de factores, tais como, a quantidade de substância envolvida, perigosidade, extensão e qualidade do meio. Desta forma, a estimativa do risco apresenta o seguinte cálculo:

$$\text{Estimativa do risco} = \text{Gravidade} \times \text{Probabilidade de ocorrência}^7 \quad (1)$$

$$\text{Gravidade} = \text{quantidade} + 2 \times \text{perigosidade} + \text{extensão} + \text{qualidade do meio}^8 \quad (2)$$

No último passo procede-se à elaboração de tabelas de dupla entrada, para cada tipo de envolvente, na qual os cenários são inseridos, de acordo com os índices de probabilidade e de gravidade das consequências.

Para ser aplicada, a Norma UNE 150008:2008 necessita que se desenvolvam indicadores de avaliação para depois aplicar-se os índices de estimativa da gravidade das consequências ambientais. Desta forma obtém-se um índice final de risco ambiental, sendo uma abordagem interessante para a avaliação de risco ambiental.

Dadas as incertezas relativas à quantificação das variáveis que entram nesta forma, optou-se nesta dissertação por uma outra formulação como desenvolvida adiante.

⁴ Em espanhol AENOR “Asociación Española de Normalización y Certificación”, entidade independente, sem fins lucrativos que se destina a elaborar normas técnicas nacionais (UNE) e participa na génese de normas internacionais. Participa também na certificação de produtos, serviços e empresas.

⁵ Em ecologia denomina-se meio abiótico todas as influências que os seres vivo possam receber no ecossistema, tais como, o ar, a água, a temperatura e solos.

⁶ Meio biótico inclui alimentos, plantas e animais que apresentam relações recíprocas com o meio abiótico.

⁷ Fonte: (Oliver, 2008).

⁸ Fonte: (UNE150008:2008EX).

ii. Estados-Membros da UE

O projecto ARAMIS⁹ é desenvolvido através de uma parceria entre instituições de diferentes Estados-Membros (EM) da União Europeia, entre Janeiro de 2002 e Dezembro de 2004. A metodologia abordada no projecto propõe uma caracterização do grau de risco através de um índice de risco integrado. Este é composto por parâmetros independentes relacionados com a avaliação do grau de severidade de determinados cenários, a eficácia da gestão de prevenção e a estimativa da vulnerabilidade ambiental, descrevendo a sensibilidade dos potenciais alvos localizados na envolvente da actividade em estudo (Planas *et al.*, 2003). Uma particularidade deste projecto está relacionada com o índice de risco, cujos valores calculados são introduzidos em mapas, recorrendo a sistemas de informação geográfica.

A transposição da DRA para a legislação interna de cada EM que compõe a UE promoveu de certo modo o desenvolvimento de metodologias que abordam a temática em questão, tal como se irá apresentar em seguida.

iii. Inglaterra

Com a publicação da DRA, a entidade responsável pela área do Ambiente no Reino Unido elaborou o documento *“The Environmental Damage (Prevention and Remediation) Regulations 2009, Guidance for England and Wales”* com o intuito de orientar o operador sobre os requisitos, explicitando de que forma devem ser aplicados pelas partes responsáveis.

Além da publicação deste guia, foi elaborado um outro manual de orientação, *“Model Procedures for the Management of Land Contamination, de 2004”*, que fornece informações sobre como avaliar os riscos ambientais provocados ao solo quando existe perigo para a saúde humana.

iv. Irlanda

O *“Guidance on Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision”*, elaborado pela Irlanda não se encontra directamente relacionado com a DRA, no entanto foi desenvolvido baseando-se nos conceitos da directiva e de outros documentos legais. Esta ferramenta auxilia os operadores no desenvolvimento e na quantificação de custos associados à garantia financeira que cubram os riscos identificados.

O guia de orientação que a Agência de Protecção do Ambiente de Irlanda publicou sobre avaliação e gestão de riscos ambientais no âmbito da responsabilidade ambiental veio cumprir com as exigências da directiva PCIP¹⁰ e da normativa de Resíduos, no que diz respeito à avaliação de riscos ambientais, planeamento de gestão de resíduos e às garantias financeiras.

⁹ ARAMIS “Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II”.

¹⁰ Directiva PCIP – Directiva 96/61/CE do Conselho de 24 Setembro de 1996 que tem o objectivo de prever medidas para evitar ou reduzir as emissões poluentes dessas actividades.

v. Portugal

A Metodologia de Aplicação ERIC¹¹ foi desenvolvida por uma parceria entre o CESUR/IST e a ECO-serviços no ano de 2008, que possibilita a análise, a avaliação do risco ambiental e a obtenção de valores de referência em relação às garantias financeiras tornadas obrigatórias para operadores abrangidos com a entrada em vigor do RJRA no dia 1 de Janeiro de 2010.

A Figura 3 mostra a abordagem aplicada pela metodologia ERIC, que divide-se em três etapas: Diagnóstico, Avaliação do Risco Ambiental e Garantia Financeira.

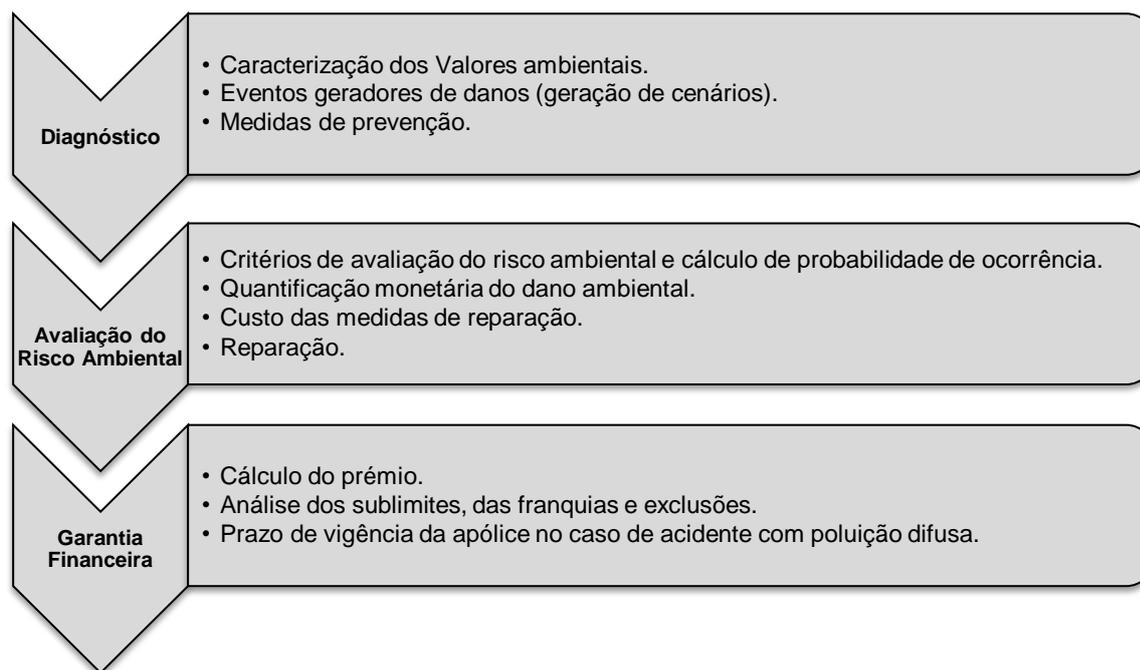


Figura 3 – Modelo conceptual aplicado pela metodologia ERIC. Adaptado: (Nobre, 2011).

A fase inicial do modelo conceptual ERIC incide sobre a caracterização dos serviços ambientais considerados no RJRA, ou seja, procede-se à caracterização da actividade e da situação de referência na área de análise sobre águas, espécies e *habitats* naturais protegidos e sobre o solo, caso este último apresente risco significativo para a saúde humana. Ainda na fase de diagnóstico, são identificados um conjunto de situações de risco geradoras de danos.

A fase seguinte da metodologia ERIC centra-se sobre o domínio ambiental, matemático e económico. A nível ambiental, define-se os critérios de magnitude para a construção de cenários de danos ambientais e as respectivas medidas de prevenção e de reparação. Relativamente à vertente matemática que a segunda fase da metodologia aplica, esta é necessária para determinar a probabilidade de ocorrência de um evento e calcular a magnitude financeira do dano provocado, para estimar o cálculo do risco ambiental.

¹¹ ERIC “Environmental Risk Insurance Calculation”.

A última fase insere-se num ambiente económico, no sentido que é necessário fazer a interpretação financeira dos danos ambientais, através da orçamentação das medidas de prevenção e/ou de reparação, necessárias para repor as características físicas, químicas e biológicas que os valores ambientais apresentavam no estado de referência.

i. República Checa

O índice H&V¹² é uma ferramenta de estimativa dos impactes ambientais associados a substâncias perigosas, desenvolvida pela Universidade de Ostrava na República Checa. Este instrumento avalia os impactes em águas superficiais, águas subterrâneas, solos e o meio biótico.

A metodologia que este instrumento apresenta, baseia-se na categorização em cinco níveis de gravidade dos impactes associados a cada cenário. Como tal, para classificar a gravidade dos impactes gerados, é essencial que se identifique o grau de perigo que cada substância comporta. Para concretizar esta etapa no processo, procede-se ao cálculo dos índices de toxicidade e inflamabilidade de cada substância envolvida (Daníhelka, 2006)

Posteriormente realiza-se o mesmo cálculo mas à envolvente da actividade, identificando assim a vulnerabilidade dos serviços ambientais envolventes, considerando parâmetros como: geologia, gestão da água, tipo de solo, tipo de paisagem, entre outros.

A etapa final da metodologia aplicada por esta ferramenta envolve a integração dos índices de perigosidade e de vulnerabilidade para cada compartimento ambiental e substância, resultando assim um índice. A metodologia aconselha um estudo mais aprofundado para cenários com impacte muito considerável e impacte máximo, que corresponde a classificação D e E, respectivamente (Daníhelka, 2006).

O Índice H&V é uma ferramenta interessante na avaliação de consequências ambientais resultantes de acidentes, visto apresentar regras para a estimativa dos índices de perigosidade e para a vulnerabilidade.

¹² Índice H&V “Hazard & Vulnerability Index”.

2.3 Evolução da Responsabilidade Ambiental

2.3.1 Regime Responsabilidade Ambiental na Europa

Os primeiros esforços efectuados no sentido de elaborar um regime à escala da UE sobre responsabilidade civil por danos ambientais remontam ao ano de 1984, quando estabelece-se um regime de responsabilidade sobre ocorrência de danos causados por resíduos.

Posteriormente em 1989, a CE propõe a composição de uma Directiva sobre responsabilidade civil por danos causados através de resíduos. No entanto, a proposta que a Comissão efectuou foi abandonada, quando esta centrou esforços no desenvolvimento de um regime de responsabilidade com uma abrangência mais alargada que a proposta anteriormente.

Desta forma, e como primeiro resultado do esforço efectuado, em Maio de 1993, a Comissão publica o “Livro Verde” sobre a reparação dos danos causados no ambiente. Na sequência desta publicação foram apresentados mais de 100 comentários pelos EM, a indústria, organizações ambientalistas e outros titulares de interesses difusos. Em Novembro desse ano, o Parlamento Europeu e a Comissão realizaram uma audiência prévia conjunta sobre a matéria em apreço.

Também no ano de 1993, a Comissão e os EM participaram nas negociações, adoptaram a Convenção de Lugano. Esta convenção visa assegurar uma indemnização adequada pelos danos resultantes de actividades perigosas para o ambiente prevendo meio de prevenção e de reparação, podendo considerar-se que, após a edição do “Livro Verde”, a adopção de Convenção de Lugano correspondeu ao auge do progresso que o Direito do Ambiente conheceu, entre a última metade da década de 80 e a primeira metade da década seguinte (Cruz, 2004). No entanto, e apesar de 9 países terem assinado a convenção, Portugal inclusive, nenhum dos EM e a própria CEE não ratificaram a Convenção de Lugano.

Após a publicação do “Livro Verde”, em Fevereiro de 2000, a Comissão edita o “Livro Branco” sobre Responsabilidade Ambiental, que descreve as características principais de um regime comunitário de responsabilidade ambiental, dos quais se destacam a ausência de retroactividade, a cobertura dos danos a pessoas e bens, mas também dos danos ambientais, a responsabilidade estrita por danos causados por actividades perigosas e a responsabilidade baseada na culpa por actividades não perigosas e algum alívio do ónus da prova do queixoso e a responsabilidade centrada no operador (Rocha e Santos, n.d.).

Uma das conclusões que se retirou do livro centrou-se na elaboração de uma Directiva-Quadro, constituindo o melhor meio de instaurar um mecanismo comunitário de responsabilidade ambiental.

Posteriormente à publicação do “Livro Branco” e retiradas as principais conclusões referidas, a Comissão, a 22 de Janeiro de 2002, aprovou a proposta de directiva sobre responsabilidade ambiental no que respeita à prevenção e reparação dos danos ambientais (CEE, 2002). Devido à natureza altamente controversa, a adopção da proposta levou cerca de dois anos.

A Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril, publicada pelo Parlamento Europeu e Conselho, é o resultado da reflexão levada a efeito no seguimento do “Livro Branco”, adoptada como “Directiva de Responsabilidade Ambiental”, remetendo historicamente o n.º 2 do artigo 174.º do Tratado de Maastricht, de 1992, ou seja, baseando-se nos princípios da precaução e da acção preventiva, da correcção, prioritariamente na fonte, dos danos causados ao ambiente e do poluidor-pagador (Rocha e Santos, n.d.).

Após a publicação da DRA e da consequente obrigatoriedade na transposição até 30 de Abril de 2007 para os regimes legais nacionais de cada EM, apenas no final do ano de 2009 se completou o processo de transposição em toda a UE. É de salientar que a DRA foi alvo de duas modificações, sendo desta forma alterada pela Directiva 2006/21/CE, de 15 de Março e pela Directiva 2009/31/CE, de 23 de Abril de 2009. A primeira alteração incidiu sobre a gestão dos resíduos de indústrias extractivas e a segunda recaiu sobre o armazenamento geológico de CO₂.



Figura 4 - Cronograma da evolução da responsabilidade ambiental em Portugal. Fonte: (Sá, 2011).

2.3.2 Abordagem da Responsabilidade Ambiental nos E.U.A.

Os EUA despertaram para a gravidade da poluição ambiental em meados de 1970, e a fundação da Agência de Protecção do Ambiente dos Estados Unidos da América (US EPA) foi a resposta encontrada pelos governos federais e estatais para fazer face aos problemas ambientais detectados, tendo sido introduzidos uma grande diversidade de requisitos respeitantes à responsabilidade ambiental.

Ao longo de muitos anos, esgotos e resíduos de origem industrial foram sendo depositados em rios, lagos, sem ter sido levado em consideração o efeito nefasto que estes comportamentos estavam a provocar nos recursos hídricos, originando assim águas impróprias para consumo e para a prática das mais diversas actividades. Para além da precariedade dos recursos hídricos, também a poluição do ar e o próprio solo foram alvo de contaminações, deixando estes serviços ambientais com graves problemas para resolver.

Desta forma, a US EPA elaborou um programa de execução de descontaminação com o objectivo de proteger a saúde humana e o ambiente obrigando os responsáveis pela contaminação de uma propriedade à sua descontaminação ou ao reembolso da US EPA (URSEspanha, 2010).

A agência de protecção do ambiente norte americana desenvolveu diversos instrumentos de protecção. O mecanismo legal de execução de descontaminação mais poderoso e mais frequentemente utilizado, “*Comprehensive, Environmental Response, Compensation and Liability Act*”, (CERCLA) entrou em vigor em 1980, sendo comumente referida como *Superfund*. Outro instrumento relevante entrou em vigor em 1976, “*Resource Conservation and Recovery Act*” (RCRA).

A publicação da Lei do Congresso americano, *Superfund* permite a actuação do estado em nome público de forma que, em casos de danos aos recursos naturais seja possível exigir compensação ou recuperação dos mesmos. Além da regra referida, esta lei estabelece proibições e exigências relativas a locais de depósito e armazenamento de resíduos poluentes e/ou fechados; cria um imposto, cobrado às organizações responsáveis por estes depósitos e cria um fundo, financiado pelos impostos, para pagar as acções de recuperação ambiental quando não são apuradas as responsabilidades (EPA, n.d.). Em 1986, procedeu-se a uma alteração na CERCLA pela “*Superfund Amendmetns and Reauthorization Act*” (SARA) com o objectivo de aumentar o envolvimento do estado, fornecendo mais poder e ferramentas às autoridades e também aumentar o tamanho do fundo.

A Lei RCRA foi publicada com o objectivo de fazer face ao crescente problema da acumulação de resíduos e dos potenciais riscos adjacentes para a saúde humana e para o ambiente. Anos mais tarde, o âmbito da RCRA foi alargado, de forma a abranger as preocupações relativas à deposição de resíduos em aterro e desenvolver programas de análise para a regulamentação dos reservatórios enterrados de armazenagem e sistemas de reservatórios enterrados, de forma a proteger a saúde humana e o ambiente (URSEspanha, 2010).

Tal como na DRA, um dos regulamentos requeridos pela RCRA passa pela constituição de uma segurança financeira por parte do operador, caso seja necessário executar acções correctivas nas instalações. Os mecanismos financeiros disponíveis na constituição de uma garantia financeira passam por fundos fiduciários¹³, obrigações, cartas de crédito, seguros.

Além dos instrumentos legais referidos, existe outros instrumentos ambientais de descontaminação, tais como a OPA¹⁴ e a CAA¹⁵, que são utilizados em casos de derrames de hidrocarbonetos e episódios que possam acarretar ameaças iminentes de danos ambientais e também de saúde pública.

Resumidamente, a metodologia empregada nos EUA impõe uma avaliação de riscos e um desenvolvimento de planos de prevenção a todas as actividades ocupacionais com capacidade de provocar um dano ambiental na sua área de influência.

¹³ Fundos fiduciários são valores fictícios, fundados na confiança com que foram emitidos, como é o ex. de uma garantia bancária.

¹⁴ Em Inglês OPA “Oil Pollution Act”

¹⁵ Em Inglês CAA “Clean Air Act”

A filosofia adjacente à reparação de danos através de medidas primárias, complementares e compensatórias, segue um mecanismo, que consoante a análise efectuada ao local, auxilia na escolha das medidas de reparação compensatórias e complementares mais adequadas a serem executadas no local.

2.3.3 Directiva Seveso

A Europa assistiu, na década de 70, a dois acidentes industriais graves que revolucionaram o panorama legislativo no campo da prevenção de acidentes industriais graves, na Comunidade Económica Europeia.

Em 1974, em Flixborough, Inglaterra, ocorre uma explosão com consequências graves para os trabalhadores e para a envolvente populacional e ambiental. A explosão resultou de uma fuga de cerca de 30 toneladas de ciclohexano em uma fábrica de produtos químicos.

Dois anos após o acidente de Flixborough, na cidade de Seveso localizada no norte de Itália, uma fábrica de pesticidas e herbicidas liberta uma densa nuvem de vapor de uma substância carcinogénica e bastante tóxica. Cerca de 2000 pessoas foram tratadas devido a envenenamento por dioxinas e verificou-se a morte de mais de 3000 animais (Rushton, 1998).

Estes dois acidentes em particular conduziram à adopção, a 24 de Junho de 1982, da inovadora Directiva 82/501/CEE do Conselho, relativa aos riscos de acidente graves de certas actividades industriais, também denominada “Directiva Seveso”. Este documento legal *“assentou numa filosofia preventiva (identificação de perigos, avaliação de riscos e análise de consequências com a consequente adopção de medidas técnicas adequadas desde as fases de concepção e projecto), aliada a uma metodologia de evidenciação da segurança”* (Simões, 2003).

Assim, o principal objectivo da “Directiva Seveso” foi instituir certas actividades industriais que conhecessem e identificassem os riscos inerentes à actividade, tendo sido regulamentado mecanismos de prevenção e limite de consequências a desenvolver pelos operadores e os procedimentos de actuação e notificação às autoridades em caso de ocorrência de acidente grave (URSEspanha, 2010).

A directiva publicada em Junho de 1982, foi substituída em 1996 pela Directiva 96/82/CE, devido à necessidade de uma revisão profunda das disposições e exigências da Directiva “Seveso”. A nova directiva adoptada e intitulada Directiva “Seveso II” veio incorporar algumas alterações importantes e foram introduzidos novos conceitos. Segundo o artigo 1.º da presente directiva, esta tem como objectivo *“a prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e a limitação das suas consequências para o homem e o ambiente, tendo em vista assegurar, de maneira coerente e eficaz, níveis de protecção elevados em toda a Comunidade”*.

Uma das principais diferenças entre as duas directivas prende-se com o nível de exigência da protecção do ambiente. Apesar de na Directiva “Seveso” a protecção do ambiente já estar contemplada, o seu âmbito estava mais orientado para a protecção das pessoas, do que para a protecção da fauna e flora.

A protecção do ambiente que a Directiva “Seveso II” contempla, é traduzida no âmbito com a inclusão de substâncias classificadas como perigosas para o ambiente aquático. São abrangidas substâncias muito tóxicas para os organismos aquáticos ou tóxicas para os organismos aquáticos e que podem causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático.

No entanto, e devido à ocorrência de acidentes que ficaram fora do âmbito de aplicação da directiva, tais como, as explosões em Enschede, na Holanda e em Toulouse, na França e o derrame de cianetos que poluiu o rio Danúbio, na sequência do acidente sucedido em Baia Mare, na Roménia, foi necessário uma revisão da Directiva “Seveso II”. Desta forma, e devido ao estado de arte dos conhecimentos relativos à carcinogenicidade e perigo para o ambiente de algumas substâncias, é publicado no ano de 2003, a Directiva 2003/105/CE, de 16 de Dezembro de 2003, que substitui a Directiva “Seveso II” (URSEspanha, 2010).

A Directiva 2003/105/CE tem novas exigências ao nível do alargamento do âmbito de aplicação de forma a abranger determinadas actividades e estabelecer uma redução das quantidades limiaries para as substâncias perigosas para o ambiente.

A filosofia da Directiva “Seveso II” tem subjacente a prevenção de ocorrência, focalizando-se neste aspecto. Em contra partida, e como se irá verificar, a filosofia da DRA incide sobre a ameaça de dano e/ou ocorrência efectiva da ameaça de dano. As duas directivas podem ser encaradas como complementares, quer em termos da filosofia subjacente de cada uma, quer na sua aplicabilidade a nível de escala temporal, como se pode observar na Figura 5, evidenciando a existência de possíveis sinergias (URSEspanha, 2010).

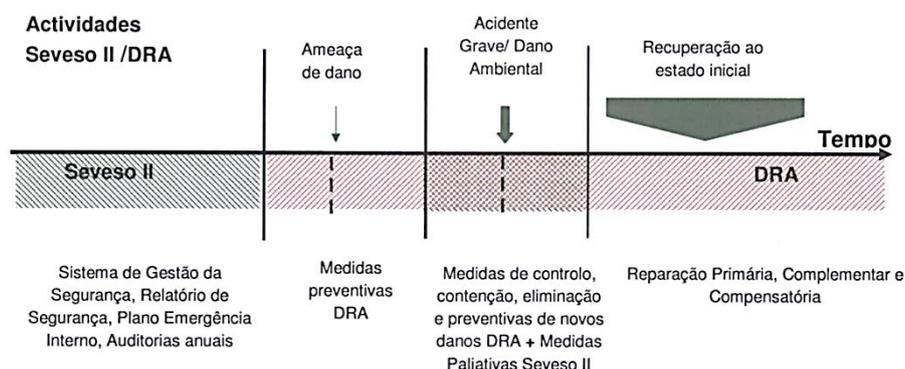


Figura 5 - Aplicação Temporal das Directivas Seveso II e DRA a uma Actividade Abrangida. Fonte: (URSEspanha, 2010).

2.4 Directiva Responsabilidade Ambiental

Responsabilidade Ambiental é o termo empregue para representar a responsabilidade pelo custo de danificar o ambiente, sendo este transferido de volta aos responsáveis pelos actos que o causaram (URSEspanha, 2010). A responsabilidade ambiental não é uma temática recente na Europa, remete historicamente para 1980.

Existem vários princípios subjacentes à responsabilidade ambiental, tais como, o princípio do poluidor pagador, o princípio do desenvolvimento sustentável, o princípio da prevenção, o princípio da correcção na fonte e o princípio da integração. Estes cinco princípios mencionados são as linhas orientadoras seguidas pelos EM que compõem a UE.

Dos princípios ambientais enunciados, é considerado fundamental para a responsabilidade ambiental, o princípio do poluidor pagador. Este é considerado a base, em torno do qual gira toda a temática da responsabilidade ambiental e que no artigo 1.º, da DRA, está explícito que a presente directiva tem por objectivo estabelecer um quadro de responsabilidade ambiental baseado no princípio do poluidor-pagador, para prevenir e reparar danos ambientais (Comissão, 2004).

Particularmente para o direito interno português, é mencionado também o princípio da responsabilização, através de uma remissão para a LBA (Aragão, n.d.).

Nos termos da directiva de responsabilidade ambiental proposta pelo Parlamento Europeu e do Conselho, o objectivo deste documento comunitário visa sobretudo a estabelecer um quadro comum de prevenção e reparação de danos ambientais a custos razoáveis para a comunidade.

A publicação deste documento comunitário abrange um conjunto de responsabilidades sobre danos causados a determinados recursos naturais e/ou serviços e que o operador da actividade responsável terá de assumir. Os danos ambientais considerados no regime comunitário como se pode observar na Figura 6 incidem sobre o meio hídrico, as espécies e *habitats* naturais protegidos e sobre o solo, caso este último comporte riscos importantes para a saúde humana.

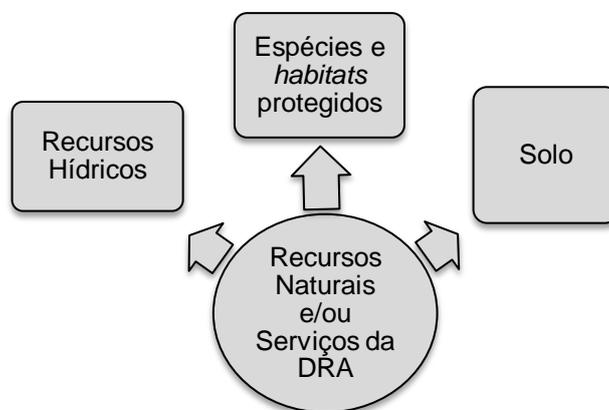


Figura 6 - Esquema sobre os componentes ambientais abrangidos pela DRA. Fonte: n.º1 do artigo 2.º da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004.

Cada um dos vectores ambientais considerados na directiva está abrangido por legislação comunitária específica. Desta forma e de acordo com a Directiva 2000/60/CE¹⁶ são considerados os danos causados aos recursos hídricos que afectem adversa e significativamente o estado ecológico, químico e/ou quantitativo e/ou potencial ecológico das águas (Comissão, 2004).

Em relação às alterações adversas e mensuráveis causadas às espécies e *habitats* naturais protegidos, estas encontram-se abrangidos pela Directiva 92/43/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1992 e Directiva 79/409/CEE do Conselho, de 2 de Abril de 1979, respectivamente.

Como mencionado, os danos provocados ao solo são considerados se criarem uma alteração significativa à saúde humana motivada pela introdução directa ou indirecta no solo ou à superfície, de substâncias, preparações, organismos ou microrganismos (Comissão, 2004; Sá, 2011). Ao contrário dos restantes serviços ambientais considerados pela DRA, o solo não está abrangido por nenhum regime comunitário. No entanto, dada a importância do solo e a necessidade de prevenir a sua maior degradação, foi solicitado pelo 6.º Programa de Acção em matéria de Ambiente o desenvolvimento de uma estratégia temática de protecção do solo (CEE, 2006).

A grande inovação introduzida pela DRA reside no facto de que as medidas de prevenção e de reparação ficam exclusivamente a cargo do operador responsável pelos danos ambientais identificados. Desta forma, a autoridade competente perante um dano ou ameaça de dano ambiental aborda uma postura controladora de forma a garantir a cumprimento das medidas.

Perante tal mudança promovida na publicação do diploma comunitário, foi instituído dois tipos de responsabilidade, objectiva e subjectiva. Não obstante o facto de ambos os regimes terem significados distintos, também em relação aos recursos naturais existem diferenças. É importante definir no âmbito da DRA, responsabilidade objectiva e responsabilidade subjectiva.

A responsabilidade objectiva abrange as actividades enumeradas no respectivo Anexo III, bastando que haja um nexo de causalidade entre a actividade ocupacional abrangida e o dano ambiental ocorrido. Ao invés, a responsabilidade subjectiva não abrange as actividades anexadas, tendo ocorrido um dano ambiental através de acções dolosas ou negligentes. De realçar que quer haja responsabilidade objectiva, quer haja responsabilidade subjectiva, é necessário estabelecer um nexo causal entre o dano ambiental ocorrido e o operador da actividade responsável pelo dano.

Como já foi referido, os dois regimes de responsabilidade que a directiva institui, diferem nos recursos naturais a serem abrangidos e posteriores medidas de minimização e reparação a serem executados. Assim, caso a responsabilidade seja objectiva e haja ocorrência de danos ambientais, o operador é responsabilizado por danos ambientais aos recursos hídricos, às espécies protegidas e *habitats* naturais e ao solo.

¹⁶ Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000 estabelece um quadro comunitário para a protecção e a gestão da água, mais conhecida como Directiva quadro no domínio da água.

Por outro lado, se a responsabilidade for considerada subjectiva, o operador fica encarregado de adoptar medidas de prevenção e reparação apenas para danos provocados a espécies protegidas e *habitats* naturais, sendo excluído a ocorrência de danos aos meios hídricos e ao solo, como se pode verificar na Figura 7.

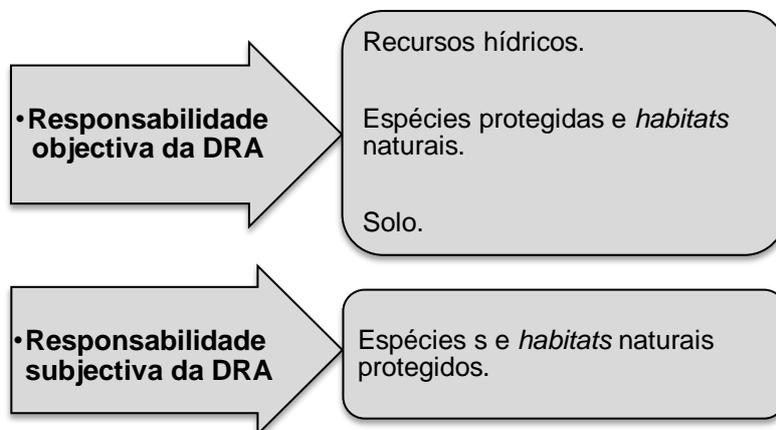


Figura 7 - Recursos naturais e/ou serviços abrangidos pela DRA. Fonte: *alínea a) e b)* do n.º1 do artigo 3.º da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004.

Relativamente às medidas de minimização e reparação a serem aplicadas quando se verifica danos ambientais, o operador terá de tomar as diligências viáveis de forma a reverter a situação ocorrida. De acordo com Anexo II da DRA, a reparação de danos ambientais com efeitos significativos e adversos provocados aos recursos hídricos, às espécies e *habitats* naturais protegidos e ao solo, é alcançada através da restituição do ambiente ao seu estado inicial por via de reparação primária, complementar e compensatória. As medidas de reparação antes de serem aplicadas, terão de ser apresentadas à autoridade competente para sua análise e aprovação.

A reparação primária tem como função restituir os recursos naturais e/ou serviços danificados ao estado inicial, ou os aproximar desse estado, estando incluído nos trabalhos de reparação a limpeza necessários e monitorização posterior do local afectado. A reintrodução de espécies evolui para um estado de reparação complementar ou compensatória, tal como se pode verificar no Anexo II da DRA

No caso dos recursos naturais não poderem ser completamente restaurados, ou seja, se os objectivos da reparação primária não puderem ser plenamente alcançados, o operador tem recorrer à reparação complementar. De acordo com as *alíneas b)* do n.º1 e do n.º 1.1.2 do Anexo II da DRA, este tipo de reparação tem o objectivo de proporcionar um nível de recursos naturais e/ou serviços, quando apropriado numa área alternativa, similar ao que teria sido proporcionado se o local danificado tivesse regressado ao seu estado inicial.

A reparação compensatória deve ser realizada para compensar a perda provisória de recursos naturais e serviços enquanto se aguarda que a reparação primária atinja plenamente o efeito.

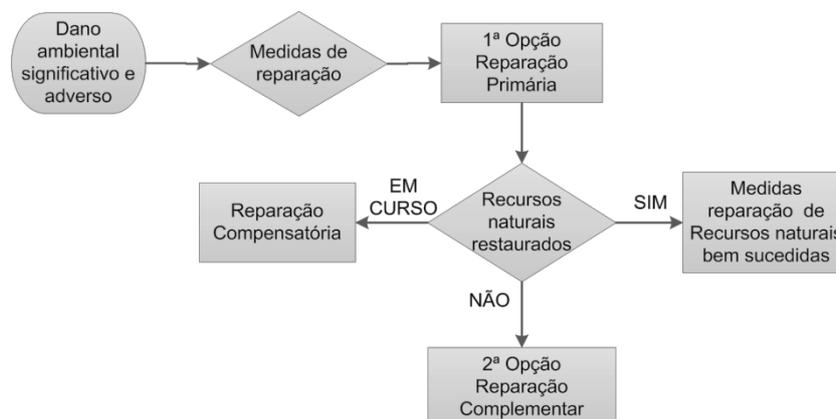


Figura 8 - Fluxograma do processo de reparação de um recurso natural.

Como se pode observar na Figura 8 e como mencionado, a reparação de um recurso natural significativamente afectado centram-se em três possíveis medidas de restauro, medidas primárias, complementares e compensatórias. Convém referir que as opções de reparação seleccionadas pelo operador terão de utilizar as melhores tecnologias disponíveis, tendo em conta as características do local afectado. Posteriormente são alvo de um processo de avaliação por parte da autoridade competente, a fim de analisar as propostas de reparação com base num conjunto de critérios estabelecidos no Anexo II da directiva correspondente.

Convém salientar que as medidas de minimização e de reparação preconizadas no RJRA apenas incidem sobre a recuperação das componentes ambientais a partir da data em que entrou em vigor. O artigo 37º diz que o diploma é aplicável desde 1 de Agosto de 2008 em razão da sua *vacatio legis*, período que media a data da publicação e efectiva aplicação. Relativamente à exigibilidade da garantia financeira, o artigo 34º estabelece que a garantia financeira refira do artigo 22º do RJRA só é exigível a partir de 1 de Janeiro de 2010.

Deste modo, no caso de ocorrer uma contaminação ao nível do solo, as medidas de reparação a aplicar ao solo deverão reconstituir as características que este apresentava na data em que as garantias financeiras passaram a ser obrigatórias. Este ponto torna-se especialmente sensível, no sentido que as actividades enumeradas no Anexo III ao não terem elaborado relatórios que caracterizem o estado químico, físico e biológico das componentes ambientais, não terão a base sobre o qual as medidas de reparação incidem.

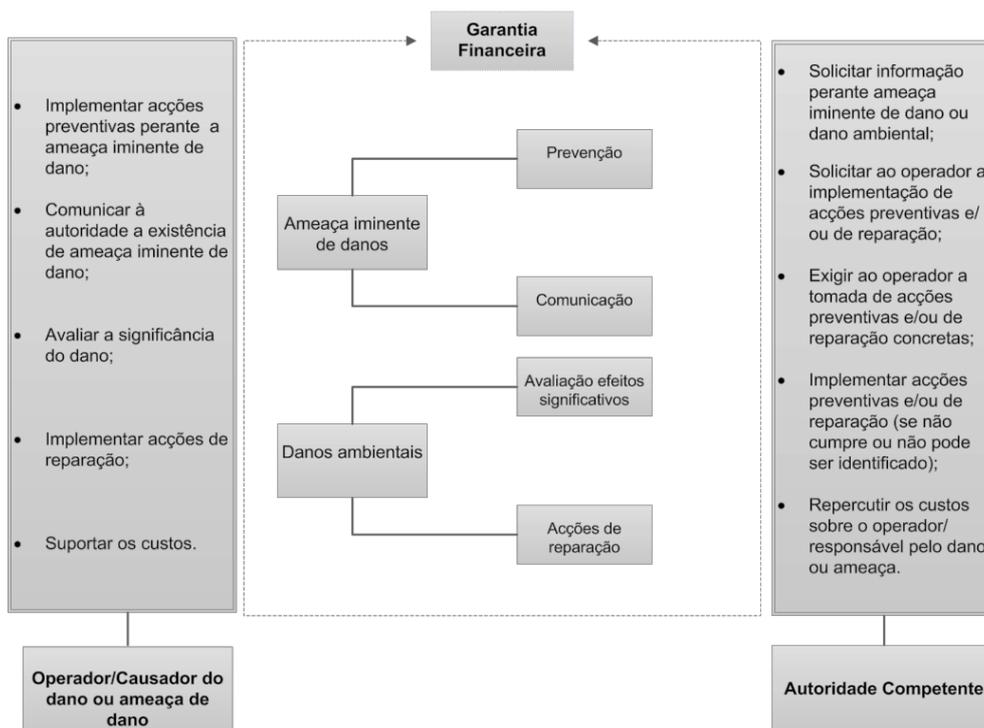


Figura 9 - Responsabilidade Ambiental no âmbito da DRA. Adaptado de: (URSEspanha, 2010).

2.5 Transposição da Directiva nos Estados-Membros

Como já referido, foi estabelecido um prazo limite até 30 de Abril de 2007 para que os EM transpusessem a Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril de 2004, para os regimes jurídicos constata-se que apenas a Letónia, Lituânia, Polónia e a região da Flandres na Bélgica, transpuseram o regime legal comunitário dentro do prazo estipulado. Os restantes EM completaram o processo até ao ano de 2009. A transposição da directiva para o regime interno de cada EM envolve a incorporação de novos requisitos legais, em alguns casos com maior nível de exigência para os operadores. As modificações mais relevantes introduzidas pelos EM resumem-se a:

- Ampliação do âmbito no que diz respeito às componentes ambientais.
- Limitação dos mecanismos de defesa, o que implica uma maior exigência do que a imposta pela DRA.
- Incremento do grau de responsabilidade para actividades não incluídas no Anexo III da Directiva e exclusões de determinadas actividades.
- Obrigatoriedade de constituição de cobertura financeira.

Em relação ao âmbito de aplicação aos componentes ambientais considerados na directiva, verifica-se que Portugal, Espanha e Polónia alargaram o âmbito sobre espécies e *habitats* naturais protegidos, do n.º 3 do artigo 2.º.¹⁷

¹⁷ Foi para além da Rede Natura 2000, Directiva Aves e Habitats, abrangendo a Rede Fundamental de Conservação da Natureza – Decreto-Lei 142/2008, de 24 de Julho e Regime Jurídico da Conservação da Natureza e Biodiversidade.

Como referido, a DRA estabelece dois tipos de responsabilidade, objectiva e subjectiva, que consequentemente foram transpostos pelos EM. No entanto, Portugal adopta um regime duplo de responsabilidade ambiental, englobando no seu regime jurídico interno responsabilidade civil e responsabilidade administrativa, como se explica no capítulo 2.6.

Relativamente ao artigo 14.º da directiva que aborda a questão da adopção de medidas necessárias para estimular o desenvolvimento de mercados e instrumentos de garantia financeira, de modo a que os operadores possam recorrer para fazer frente às responsabilidades ambientais. Apesar da DRA não contemplar a obrigatoriedade de constituição de garantia financeira, Portugal, Espanha e mais EM¹⁸, optaram por exigir a obrigatoriedade de formar uma garantia financeira, por parte dos operadores listados no Anexo III.

O governo de Espanha aquando da transposição da directiva para o seu sistema legal, através do Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro, estabeleceu limites máximos e mínimos para as garantias financeiras a serem formadas. Como se pode observar na Figura 10, é necessário constituir garantia financeira se os danos gerados ascenderem a 300.000 €. Caso a actividade tenha certificação EMAS e/ou certificação ISO14001, o operador responsável só terá de formar garantia financeira se os danos gerados forem superiores a 2.000.000 €. Em ambos os casos, o limite máximo de garantia financeira a ser formada é de 20.000.000 €. Para além da opção formalizada pelo estado espanhol sobre a obrigatoriedade da garantia financeira, esta terá de abranger a cobertura de custos de medidas de prevenção, contenção e reparação primária. Outra particularidade do regime de responsabilidade ambiental em Espanha incide sobre a reposição obrigatória em seis meses caso se reduza em mais de 50% (CEA, 2009).

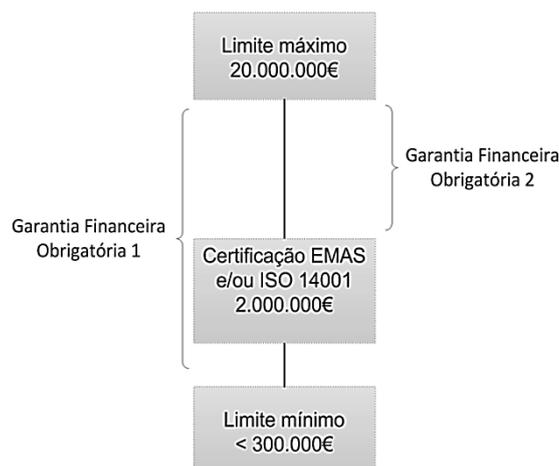


Figura 10 - Limites da Garantia Financeira Obrigatória em Espanha.

No entanto, é necessário destacar que apesar da dispensa da obrigatoriedade de constituição de garantia financeira perante a demonstração de que os custos de medidas de prevenção, contenção e reparação primária estejam fora do intervalo que se pode observar na Figura 10, os operadores das actividades abrangidas pelo Anexo III do respectivo regime jurídico interno não ficam isentos da responsabilidade ambiental associada à sua actividade.

¹⁸ Bulgária, Eslováquia, Hungria, República Checa e Roménia.

O mercado das garantias financeiras introduzidas pelo regime comunitário revela fragilidades, no sentido de que os requisitos impostos na DRA ainda não são totalmente cobertos pelas distintas ferramentas disponíveis no mercado. Um dos pontos mais reveladores das limitações dos produtos financeiros disponíveis face aos requisitos da directiva incide sobre o causador de dano ambiental.

A directiva institui que qualquer tipo de evento gerador de dano (acidental ou não, intencional ou não, legal ou ilegal) acarreta responsabilidade ambiental. Algumas coberturas existentes no mercado impõem limites, excluindo danos motivados por eventos não acidentais, danos causados por poluição gradual, danos provocados por actos intencionais negligentes relativamente às consequências ou pelo não cumprimento deliberado das leis ambientais (CEA, 2009). No Quadro 1 é possível verificar as limitações existentes face aos requisitos da DRA.

Quadro 1 - Requisitos da DRA versus Coberturas existentes. Fonte:(CEA, 2009).

Requisito da DRA	Coberturas existentes
Danos ambientais podem ser motivados pela poluição ou qualquer outra fonte, excepto para danos no solo, onde os danos ambientais relevantes se limitam ao solo.	Os produtos de seguro têm limitações para reclamações relativas a responsabilidade civil por danos causados por poluição, independente do recurso natural danificado.
Obrigação do operador incluir medidas preventivas para danos ambientais iminentes.	Poucas apólices de seguro disponíveis a cobrirem estas despesas ou fazem-no com sublimites.
Repara�o inclui medidas primárias, complementares e compensatória, excepto para danos ambientais no solo.	Algumas apólices de seguro não cobrem as medidas complementares e compensatórias; outras podem aplicar sublimites ou são vagas a esse respeito.
Qualquer evento provocador de dano ambiental (acidental ou não, intencional ou não, legal ou ilegal) acarreta responsabilidade ambiental.	Exclusão de danos causados por eventos não acidentais.
	Exclusão de danos causados por polui�o gradual.
	Exclusão de danos causados actos intencionais negligentes relativamente às consequências ou pelo não cumprimento deliberado das leis ambientais.
	Exclusão de danos devido ao não cumprimento intencional de rotinas de manuten�o.
Outras limita�es não previstas da DRA.	Algumas apólices excluem: <ul style="list-style-type: none"> • Motins e eventos organizados com fins sócio-politicos. • Amianto, chumbo, sílica, bolor e fungos • Organismos geneticamente modificados.
Outras limita�es não previstas da DRA.	Todas as apólices de seguro têm limites financeiros e estão sujeitas a leis que regulamentam os contratos de seguro.
Defesas opcionais nos EM.	As apólices de seguro ambiental mais específicas excluem: <ul style="list-style-type: none"> • Polui�o causada por emissões ou eventos expressamente autorizados. • Danos não previsto por falta de conhecimento científico.

Outro ponto que merece especial atenção são as actividades operacionais abrangidas, nos regimes jurídicos nacionais de cada EM da UE. A DRA é um regime com um elevado grau de flexibilidade na transposição e consequente implementação dos seus requisitos. Desta forma é possível verificar nos EM, opções díspares na constituição das actividades abrangidas pelo Anexo III. Exemplificando, Portugal e Inglaterra excluem o espalhamento de lamas tratadas provenientes de instalações de tratamento de águas residuais, para valorização agrícola das actividades abrangidas pelo Anexo III, ao invés da França e Espanha, que incluem esta actividade no anexo em questão.

A publicação da DRA tem o objectivo de estabelecer um quadro comum para a prevenção e reparação de danos ambientais a um custo razoável para a sociedade. Tal como referido, a reparação de um recurso e/ou serviço que tenha sido danificado implica certas medidas, que podem diferir consoante o estado do recurso após o dano ambiental.

Desta forma, foi desenvolvido em colaboração entre 15 parceiros de 8 EM bem como da Noruega e EUA o projecto REMEDE¹⁹, delineado para colmatar a falta de instrumentos quer legais, quer orientadores e estabelecer um mecanismo que encaminhe a análise, em face da necessidade de implementar medidas de reparação complementar e compensatória, quais as adequadas à reposição dos recursos danificados (URSEspanha, 2010).

Na verdade, a DRA não é a única directiva que exige a tomada de medidas compensatórias sobre a perda de *habitats* protegidos e espécies naturais, caso o dano tenha incidido sobre esses recursos naturais. A Directiva de Avaliação de Impactes Ambientais²⁰, a Directiva de Aves Selvagens²¹ e a Directiva Habitats Naturais são exemplos de regimes legais comunitários que também contemplam a questão de compensação sobre efeitos adversos significativos sofridos pelo ambiente (REMEDE, 2006). Desta forma, este projecto estabelecer uma ferramenta padrão que consiga ser empregada a todas as ocorrências relevantes de dano ambiental da UE.

¹⁹ Em Inglês REMEDE “Resource Methods for Assessing Environmental Damage na UE”.

²⁰ Directiva de Avaliação de Impactes Ambientais instituído pelo Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio com as alterações introduzidos pelo Decreto-Lei de n.º 197/2005, de 8 Novembro bem como pela Declaração de Rectificação n.º 2/2006, de 6 de Janeiro.

²¹ Directiva de Aves Selvagens Habitats Naturais instituído pelo Decreto-Lei n.º 49/05, de 24 de Fevereiro.

O método de equivalência de recursos para avaliar o dano ambiental na UE está dividido em cinco passos como se pode verificar na Figura 11.

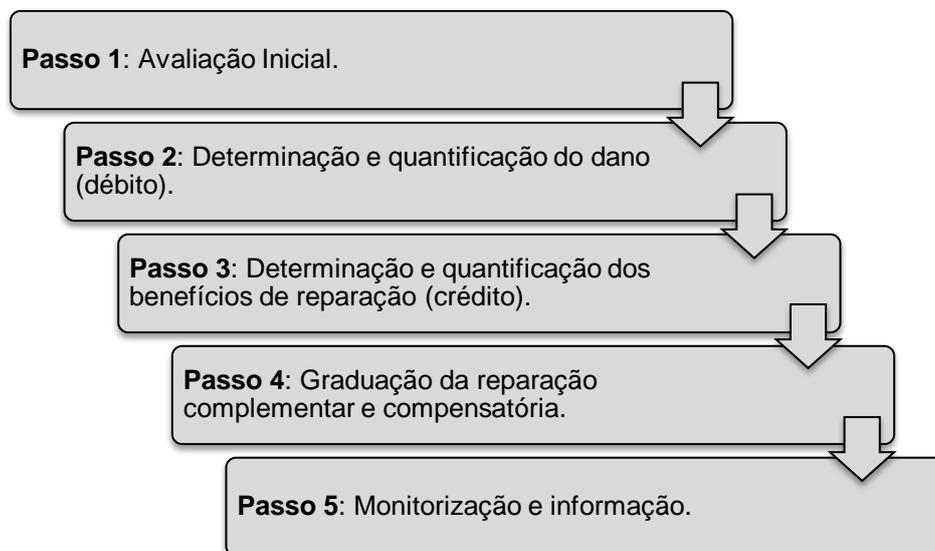


Figura 11 - Processo REMEDE. Fonte: Adaptado de (Cole, 2008).

O primeiro passo é efectuado para determinar se uma análise de equivalência deve ser realizada e, no caso afirmativo, a escala adequada e o conteúdo da análise.

O passo seguinte está subdividido em três etapas que consistem em identificar e quantificar os recursos, habitats e/ou serviços danificados em relação ao estado inicial, em determinar as causas que provocaram o dano e por último, determinar os benefícios da reparação primária e desta forma, quantificar o valor do débito (Cole, 2008).

Em seguida é necessário identificar e avaliar as possibilidades de reparação por estimativa dos benefícios resultantes com a implementação de projectos de reparação complementar ou compensatória, quantificando os créditos.

Na penúltima etapa do processo REMEDE determina-se a escala ou a quantidade de projectos de reparação a implementar. A graduação é realizada para que, ao longo do tempo se subtraia o fluxo dos serviços introduzidos aos planos de reparação até que seja igual ao fluxo preexistente, perdido nas áreas alteradas.

O quinto e último passo tem o objectivo de desenvolver um plano de reparação do projecto que atinja o seu objectivo e desenvolver procedimentos e calendarização para a monitorização da recuperação dos recursos e/ou serviços.

2.6 Decreto-Lei n.º 147/2008

Durante um longo período, a produção de um dano era considerada apenas quando causado às pessoas, ou seja, a perspectiva do dano efectivo era muito antropocêntrica. A questão central consistia na reparação dos danos sofridos por determinada pessoa como consequência da contaminação do ambiente. Esta visão que havia da responsabilidade ambiental veio a ser alterada, e a perspectiva puramente antropocêntrica foi dando lugar a um novo conceito de dano, causado à natureza em si, ao património natural e aos fundamentos naturais da vida (Archer, 2009).

Na Lei n.º 11/87, de 7 de Abril (Lei de Bases do Ambiente), alterada por 2 vezes em 1996 e 2002, encontram-se listados os componentes ambientais (Figura 12) considerados, que permitem classificar um dano ambiental quando estes são afectados.

Componentes ambientais naturais (Art. 6.º)

- O ar;
- A luz;
- A água;
- O solo vivo e subsolo;
- A flora;
- A fauna.

Figura 12 - Listagem dos componentes ambientais considerados pela Lei de Bases do Ambiente.

Segundo o n.º 3 do artigo 3.º da Directiva 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril, a directiva tem por objectivo prevenir e reparar danos estritamente ambientais e não afecta os direitos de compensação por danos tradicionais.

Para além das formas de dano ambiental mencionados, também se verifica a ocorrência de danos cumulativos e danos em cadeia. Os danos cumulativos correspondem a situações em que existe diversas acções agressoras, independentes, concentradas no tempo ou no espaço, de natureza física, química ou biológica, que se somam entre si e provocar um dano ambiental, sendo de extrema dificuldade determinar o contributo de cada acção agressora. O dano em cadeia resulta de uma sequência de acções, cujo resultado origina um dano ambiental.

O Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho é o resultado da transposição para a ordem jurídica interna da Directiva Comunitária de Responsabilidade Ambiental. Como já referido, a DRA considera o princípio do poluidor-pagador e o princípio do desenvolvimento sustentável como *princípios* da Directiva. A par destes, o diploma menciona ainda o princípio da responsabilização, explicitado na alínea *h)* do artigo 3.º da LBA. Segundo Aragão, n.d. , o princípio da responsabilização legitima apenas actuações *a posteriori* e não actuações *a priori*, que são as visadas pela DRA. Desta forma, trata-se de uma formulação mais próxima do clássico regime de responsabilidade civil, do que do princípio do poluidor-pagador (Aragão, n.d.).

A inclusão do princípio da responsabilização no diploma nacional de responsabilidade ambiental obrigou o legislador nacional a atribuir um capítulo específico para a responsabilidade civil e os capítulos restantes estão atribuídos regras sobre responsabilidade administrativa, que consistem na transposição da Directiva Europeia.

O diploma tem como principal objectivo garantir que uma entidade pública ou privada, de natureza lucrativa ou não, que tenha capacidade financeira para suportar os custos de prevenção e de reparação derivado de ameaça de danos ou de danos efectivos a um dos componentes ambientais referidos no diploma. O Decreto-Lei da DRA como se pode observar na Figura 13 está estruturado em 5 capítulos, 37 artigos e 6 anexos.

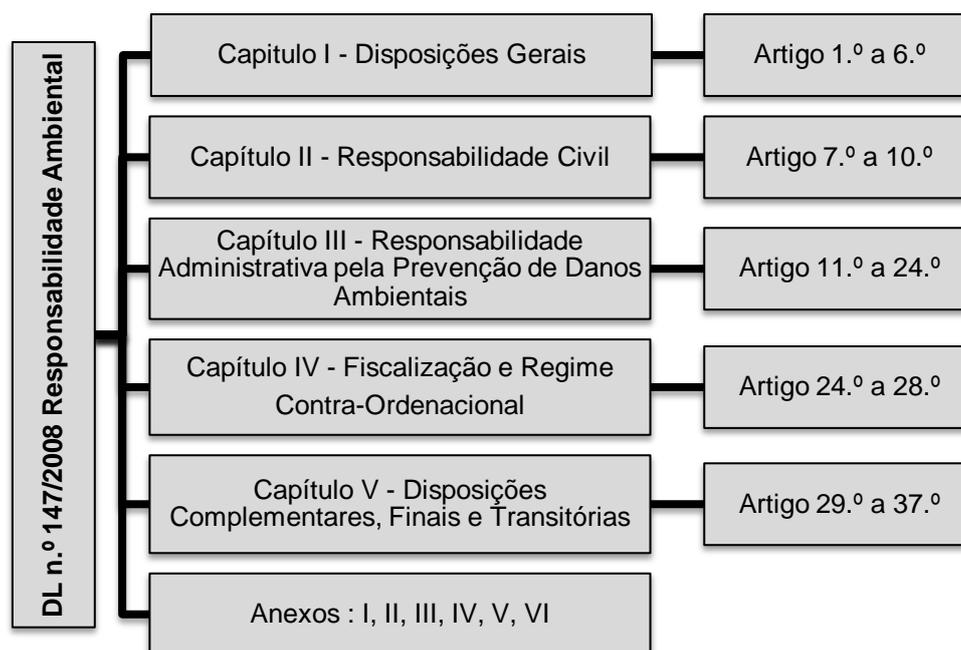


Figura 13 - Estrutura do Regime Jurídico sobre Responsabilidade Ambiental.

Ao observar a Figura 13, pode verifica-se que o Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, estabelece no mesmo diploma dois regimes díspares de responsabilidade por danos ambientais, um regime de responsabilidade civil (capítulo II) e um regime de responsabilidade administrativa (capítulo III). Enquanto o regime caracterizado no capítulo II responsabiliza o poluidor, coagindo-o a indemnizar o lesado por danos sofridos por via de uma componente ambiental, o regime de responsabilidade administrativa tem por base a transposição do regime relativo à responsabilidade ambiental aplicável à prevenção e reparação dos danos ambientais, descrito na DRA e que se destina a reparar os danos causados ao ambiente perante toda a colectividade.

De acordo com Archer, 2009, o capítulo III do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, é praticamente uma lei autónoma inserida no diploma legal, coexistindo regulamentação de direito privado e regulamentação de direito público.

Segundo o preâmbulo do diploma, o regime interno de responsabilidade ambiental tem de ultrapassar pelo menos cinco problemas:

- A dispersão dos danos ambientais, em que o lesado, numa análise custo benefício, se vê desincentivado a demandar o poluidor.
- A concausalidade na produção de danos, que em matéria ambiental conhece particular agudeza em razão do carácter técnico e científico e é susceptível de impedir a efectivação da responsabilidade.
- O período de latência das causas dos danos ambientais, que leva a que um dano só se manifeste muito depois da produção do (s) facto (s) que está na sua origem.
- A dificuldade técnica de provar que uma causa é apta a produzir o dano (e consequentemente, de o imputar ao respectivo autor).
- A questão de garantir que o poluidor tem a capacidade financeira suficiente para suportar os custos de reparação e a internalização do custo social gerado.

Um dos pontos de maior complexidade do RJRA centra-se no artigo 5.º que aborda a questão do nexo de causalidade e que motiva diferentes visões. A imputação de um dano ambiental a um operador de uma actividade operacional tem por base um critério de verosimilhança e de probabilidade de o facto danoso ter sido provocado pela actividade em questão. Mesmo que o operador esteja a cumprir a normas legais a que está obrigado e ocorra fortuitamente um dano ambiental, este fica responsável pela aplicação de medidas reparatórias.

Como referido o princípio do poluidor-pagador é o princípio-base da directiva, no entanto nem todos os danos ambientais são considerados nos custos de prevenção e de reparação. Os legisladores europeus consideram três categorias ambientais abrangidos pelo regime em causa: danos à água, danos às espécies e *habitats* protegidos e danos provocados ao solo, se este último criar um risco significativo à saúde humana, como já referido. Danos causados a espécies e *habitats* não protegidos, à paisagem, ao ar, não foram considerados na directiva. No caso de as actividades ocupacionais não estarem listadas no Anexo III, o legislador europeu considera abrangido pela directiva de responsabilidade ambiental, apenas danos eminentes ou efectivos susceptíveis de afectar espécies e *habitats*. Neste ponto em concreto, o RJRA difere da directiva comunitária correspondente.

O diploma nacional opta por uma abordagem mais incisiva na protecção do ambiente, responsabilizando os operadores de actividades que não estão listadas no Anexo III, considerando assim ameaças iminentes de danos ou danos efectivos, à água, ao solo e às espécies e *habitats*. Importa salientar que o regime legal comunitário e o regime legal nacional consideram a ocorrência de danos ambientais quando se verifica alterações adversas e significativas de um recurso natural ou a deterioração mensurável do serviço de um recurso natural que ocorra directa ou indirectamente.

No Quadro 2 podem-se observar quais os serviços ambientais abrangidos pela DRA e pelo RJRA.

Quadro 2 - Danos ambientais considerados na directiva europeia e na lei nacional.

		Danos a Componentes Ambientais			
		Água	Solo	Espécies e habitats protegidos	Outros componentes ambientais (ar, paisagem, etc.)
DRA	Actividades ocupacionais Anexo III	√	√	√	-
	Outras actividades ocupacionais	-	-	√	-
RJRA	Actividades ocupacionais Anexo III	√	√	√	-
	Outras actividades ocupacionais	√	√	√	-

De acordo com o artigo 2º do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, as actividades listadas no anexo III estão excluídas de apresentar medidas de prevenção e de reparação de danos ambientais ou ameaças iminente de danos ambientais quando:

- a) *“Causados por actos de conflito armado, hostilidades, guerra civil ou insurreição; fenómenos naturais de carácter totalmente excepcional, imprevisível ou que, ainda que previstos, sejam inevitáveis; resultem de actividades cujo principal objectivo resida na defesa nacional ou na segurança internacional; ou de actividades cujo único objectivo resida na protecção contra catástrofes naturais.”;*
- b) *“Que resultem de incidentes relativamente aos quais a responsabilidade seja abrangida pelo âmbito de aplicação de alguma das convenções internacionais, na sua actual redacção, enumeradas no Anexo I ao presente DL e do qual faz parte integrante”;*
- c) *“Decorrentes de riscos nucleares ou causados pelas actividades abrangidas pelo Tratado que institui a Comunidade Europeia de Energia Atómica ou por incidentes ou actividades relativamente aos quais a responsabilidade ou compensação seja abrangida pelo âmbito de algum dos instrumentos internacionais enumerados no Anexo II ao presente DL e do qual faz parte integrante”.*

De acordo com o n.º 1 do artigo 22.º do diploma, a constituição de garantias financeiras é obrigatória por parte de operadores que exerçam actividades enumeradas no Anexo III. Assim, a constituição de garantia financeira que assuma a responsabilidade ambiental inerente à actividade pode ser apresentada à entidade competente, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), sob várias formas, como se pode verificar na Figura 14, desde que os danos ambientais identificados sejam totalmente abrangidos pelos mecanismos financeiros.



Figura 14 – Exemplos de garantias financeiras disponíveis para actividades do Anexo III.

Como se pode verificar, no regime de responsabilidade ambiental existem quatro mecanismos diferentes de o operador responsável pela actividade do Anexo III. São mecanismos baseados no mercado, e que muitas vezes actuam em conjunto (Aragão, n.d.), havendo uma complementaridade entre si. Desta forma, uma actividade do Anexo III pode constituir uma garantia financeira, alicerçada em dois mecanismos diferentes no caso de uma apólice de seguro inscrita não apresentar condições de cobertura total dos cenários de risco ambiental identificados nos estudos desenvolvidos pelo operador. Uma das condições estabelecidas aquando da constituição da garantia financeira é o seu regime de exclusividade da verba destinada à reparação, e que não pode ser desviada para outro fim ou objectivo de qualquer oneração, total ou parcial, originária ou superveniente. Caso assim não procedam, os operadores podem incorrer na prática de uma contra-ordenação muito grave (*alínea f*), n.º 1, artigo 26.º).

Apesar dos mecanismos referidos na Figura 14, os custos inerentes à prevenção e reparação dos danos ambientais ficam a cargo do Fundo de Investimento Ambiental (FIA), quando o operador demonstrar que cumulativamente, não houve dolo ou negligência da sua parte e o dano ambiental causado por uma emissão ou um facto expressamente permitido ao abrigo dos actos autorizados da actividade, por uma emissão, actividade ou qualquer forma de utilização de um produto no decurso da actividade que não sejam consideradas susceptíveis de causar danos ambientais.

Criado pela Lei n.º 50/2006, de 29 de Agosto²², a receita que o FIA recebe, cerca de 50% provem integral e exclusivamente de contra ordenações e de coimas. Para além destes valores, é ainda alimentado por um valor máximo de 1% que incidirá sobre o valor das garantias financeiras obrigatórias ou não, a liquidar pelas entidades seguradoras, financeiras, bancárias que nelas intervenham, destinando-se a financiar a compensação dos custos de intervenção pública de prevenção e reparação dos danos ambientais.

Para determinar a garantia financeira, é importante que o estudo seja efectuado com rigor por forma a caracterizar a realidade da empresa, e desta forma não ser estabelecida uma garantia financeira incapaz de assegurar os custos de reparação decorrentes de danos ambientais.

Desde a data de entrada em vigor da obrigatoriedade da constituição de garantias financeiras por parte das actividades listadas, que se tem questionado a operacionalização do diploma em vigor. Alguns organismos questionam a operacionalização do diploma e em Abril de 2010, a Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP) solicitou ao Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAOT), esclarecimentos relativamente à aplicação do regime jurídico, designadamente sobre:

- Actividades que careciam de garantia financeira obrigatória, dada a abrangência do anexo.
- Capacidade das seguradoras dar respostas às exigências do diploma, em toda a sua abrangência (Sá, 2010).

Analisando o diploma em causa, no que diz respeito às interrogações levantadas pela ANMP sobre os municípios, enquanto operadores de actividades ocupacionais, nos termos da *alínea I*), n.º 1 do artigo 11.º e nos pontos do Anexo III está explícito que todas as actividades inseridas nos pontos do mesmo anexo terão de constituir uma garantia financeira para custear as medidas de prevenção e de reparação.

A escassez de apólices de seguro de responsabilidade ambiental prende-se, por um lado, com a falta de experiência das seguradoras neste ramo, em Portugal. Por outro lado, as apólices de seguro apresentam grandes limitações sobre o que é coberto pela apólice.

No entanto, enquanto tal não for possível o operador continua a ser obrigado a realizar medidas preventivas e reparatórias descritas no capítulo 2.4, tendo como opções a formalização de garantias financeiras alternativas e complementares.

²² Alterações introduzidas pela Lei n.º 89/2009, de 31 de Agosto, e republicada pela Declaração de Rectificação n.º 70/2009, de 1 de Outubro.

A Figura 15 resume de forma simplificada todo o procedimento que deve ser efectuado pelo operador poluidor, no caso de ocorrer um dano ambiental e o processo de prevenção e reparação que deve ser efectuado, quer a actividade esteja ou não listada no Anexo III.

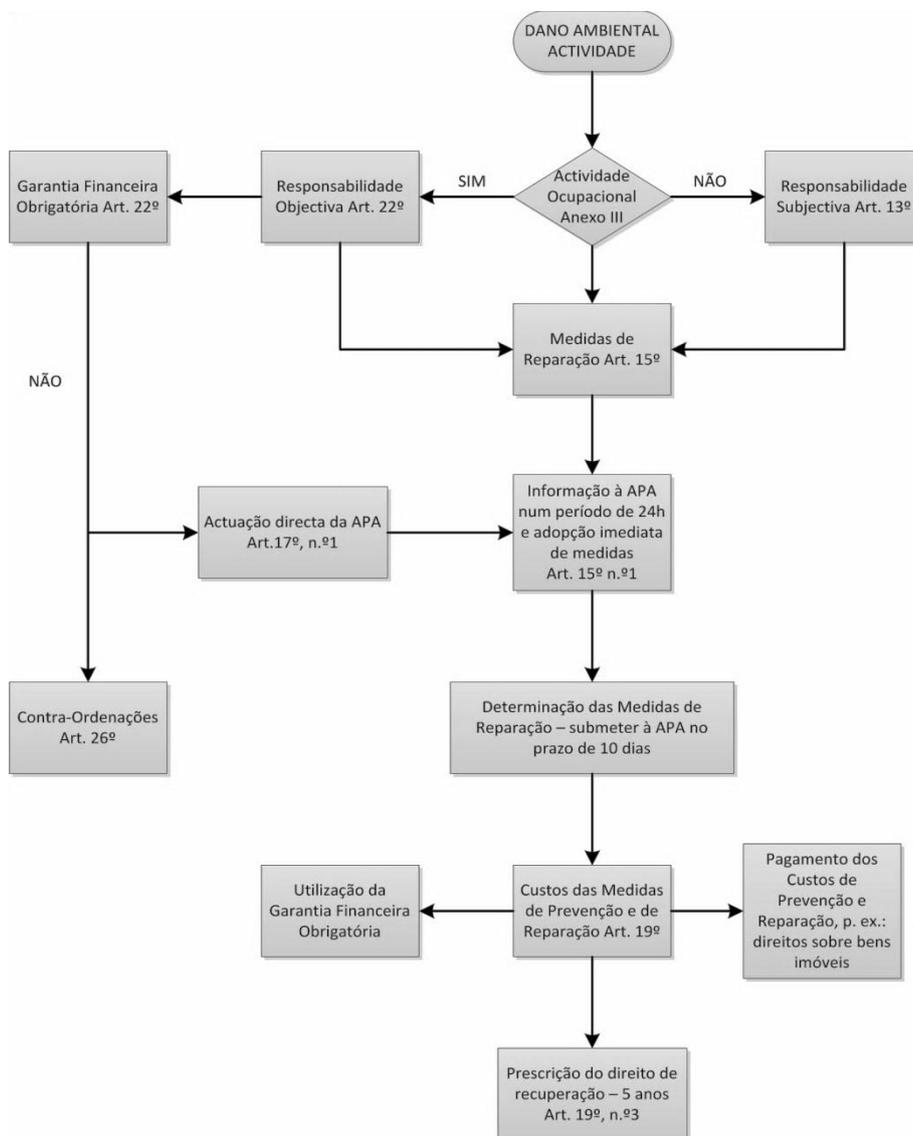


Figura 15 - Fluxograma do processo de funcionamento do RJRA.

O diploma que no ano de 2008 transpôs para a ordem jurídica interna a DRA foi sujeito a uma primeira alteração pelo Decreto-Lei n.º 245/2009, de 22 de Setembro, estabelecendo a competência da APA no domínio da responsabilidade ambiental por danos às águas. Desta forma todos as componentes ambientais considerados no regime de responsabilidade ambiental são da competência da APA.

Como referido ao longo do presente estudo, o diploma de responsabilidade ambiental obriga que as actividades enumeradas no Anexo III constituam garantias financeiras para riscos ambientais que possam ocorrer, sendo da responsabilidade do operador da actividade a selecção do tipo de garantia. Se o produto optado for uma apólice de seguro, a relação típica de seguro entre segurador e segurado ou tomador de seguro sofre uma alteração significativa, pois há que acrescentar a autoridade responsável pela fiscalização, que no caso interno é a APA.

Tal como se pode observar na Figura 16, forma-se assim um triângulo de relação entre as três entidades onde a entidade competente tem um papel bastante activo no triângulo, no sentido que é à APA que o operador tem de proceder a um pedido de intervenção e que submete as medidas de prevenção e reparação propostas.



Figura 16 - Triângulo de relação entre os intervenientes, na ocorrência de um dano ambiental.

2.7 Responsabilidade solidária dos cargos dirigentes

Um ponto importante que o RJRA aborda e que merece ser alvo de reflexão diz respeito ao artigo 4.º *“que trata da partilha da responsabilidade ambiental entre a pessoa colectiva e os responsáveis pela tomada de decisões no funcionamento da actividade operacional (...) sendo atribuído o pagamento das despesas ao património da pessoa colectiva e solidariamente pelo património dos gerentes, administradores e directores”* (Sá, 2011).

Apesar de o artigo em questão não referir quais os sujeitos responsáveis em casos de multicausalidade (causalidade cumulativa, potenciada ou sinérgica e alternativa), esta decisão de responsabilizar solidariamente, força os sujeitos a adoptarem medidas preventivas necessárias e a uma ponderação suplementar prévia, nas decisões a tomar (Oliveira, 2009; Sá, 2011).

Desta forma, no caso de o técnico responsável pelo funcionamento de uma instalação enumerada no Anexo III no diploma de responsabilidade ambiental, reportar aos seus superiores hierárquicos algum problema no funcionamento da actividade e que haja a possibilidade de provocar danos ambientais a um dos serviços considerados, os administradores e gerentes são responsáveis pelos danos, além da responsabilidade inerente às funções que desempenham na estrutura directiva da actividade.

O “caso do alumínio” ocorrido no ano de 1993 é um exemplo claro de como a responsabilidade solidária seria de enorme utilidade. Este infeliz incidente provocou a morte de 25 doentes da Unidade de Hemodiálise do Hospital Distrital de Évora, que revelaram altos teores de alumínio no sangue. Esta situação ocorreu derivado da má qualidade da água e da falta de manutenção dos filtros do sistema de osmose inversa na estação de tratamento de águas do hospital, para retirar o excesso em alumínio. Apesar de este não ser um caso típico de dano ambiental, mostra a utilidade da responsabilidade solidária de superiores hierárquicos com claras responsabilidades.

3 TRATAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS GERAIS EM ETAR

3.1 Tratamento de águas residuais

O objectivo principal do tratamento de águas residuais, que se produz diariamente em larga escala, é permitir que os efluentes domésticos e industriais sejam depurados sem que haja perigo para a saúde humana e/ou danos inaceitáveis para o ambiente. Estima-se que a produção de águas residuais numa sociedade urbana desenvolvida seja aproximadamente de 30 a 70 m³/pessoa.ano e que uma cidade com um milhão de habitantes produz um volume de águas residuais suficientes para irrigar entre 1500 a 3500 há de terreno agrícola (Sida, 2000). Segundo dados nacionais relativos a 2009, o volume de águas residuais drenado para ETAR foi aproximadamente de 548 milhões de metros cúbicos, distribuídos por um universo de 1814 instalações de tratamento de águas residuais (INSAAR, 2010).

De acordo com a Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, denominada Lei da Água, determina a divisão do território nacional em dez Regiões Hidrográficas (Figura 17): RH1 – Minho e Lima; RH2 – Cávado, Ave e Leça; RH3 – Douro; RH4 – Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste; RH5 – Tejo; RH6 – Sado e Mira; RH7 – Guadiana; RH8 – Ribeiras do Algarve; RH9 – Açores; RH10 – Madeira.

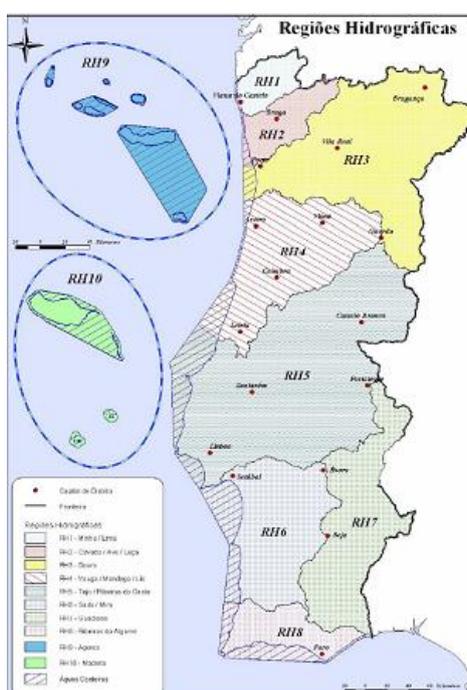


Figura 17 - Regiões hidrográficas portuguesas de acordo com a DQA. Fonte: (INAG, 2005).

Para que à saída da estação de tratamento o efluente tratado seja considerado de qualidade, e dependendo das exigências, este terá de passar por um processo convencional, sequencial e estruturado da seguinte forma: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário (Figura 18). Estes processos estão agrupados no tratamento da fase líquida. Além desta, o processo de tratamento global de uma ETAR inclui também o tratamento da fase sólida e gasosa, que também serão alvo de análise neste capítulo.

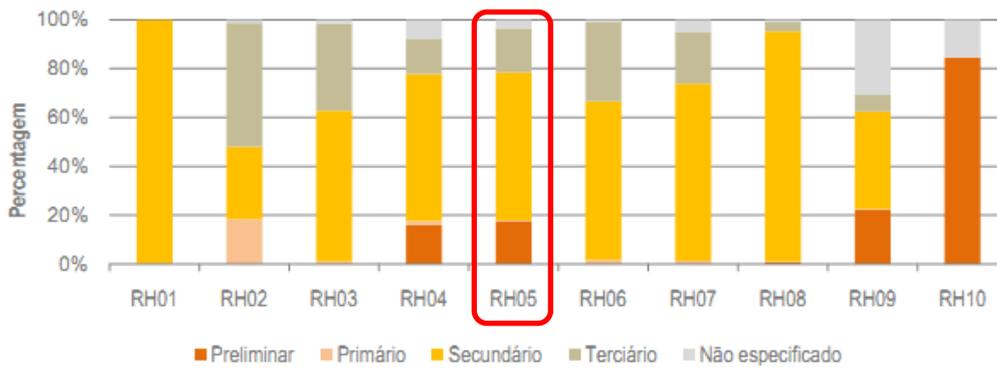


Figura 18 - Distribuição do tipo de tratamento das ETAR por RH, para o ano de 2009. Fonte: (INSAAR, 2010).

A Directiva n.º 91/271/CEE, de 21 de Maio de 1991, conhecida como Directiva das Águas Residuais Urbanas foi transposta para o direito interno através do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho posteriormente alvo de alterações pelo Decreto-Lei n.º 198/2008, de 22 de Junho. Esta modificação determina quais os tratamentos a ser incorporados pelas ETAR. Desta forma é exigido tratamento terciário para aglomerações populacionais com mais de 10.000 hab.eq. que descarreguem em zonas sensíveis ou na sua área de influência. No caso de a descarga ser efectuada em zonas normais ou em zonas sensíveis com aglomerações inferiores a 10.000 hab.eq., deverão ser sujeitas pelo menos a tratamento secundário. As estações de tratamento de águas residuais que descarreguem para zonas menos sensíveis, podem ser sujeitas a um tratamento menos exigente do que o secundário, desde que fique provado que a qualidade do meio receptor não é afectada pela descarga.

O efluente que chega a uma ETAR apresenta características físicas, químicas e biológicas que variam em função da utilização que é dada à água. De acordo com dados de 2009, foram obtidas eficiências de remoção de cerca de 73% para Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias (CBO₅), tendo sido removidos 132.066 ton O₂/ano (INSAAR, 2010).

Como mencionado, o tratamento da fase líquida incorpora o tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Estes níveis de tratamento destinam-se a remover das águas residuais, substâncias que têm efeitos negativos sobre o meio ambiente. A depuração do efluente, como se pode verificar na Figura 19, obedece a uma linha de tratamento em que cada etapa procede à remoção de um parâmetro específico.

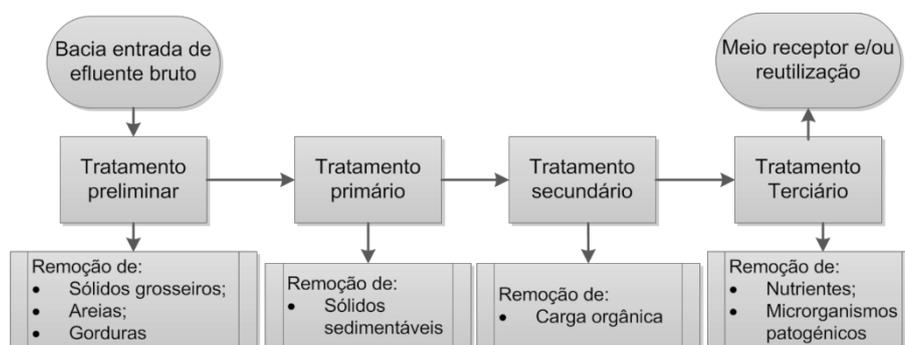


Figura 19 – Linha geral de depuração das águas residuais.

Assim, o tratamento preliminar tem o objectivo de remover sólidos grosseiros e outros materiais de grandes dimensões frequentemente encontrados nos efluentes brutos.

O processo seguinte, tratamento primário, consiste em remover sólidos sedimentáveis orgânicos e inorgânicos, através do processo de sedimentação e remover também materiais flutuantes, imiscíveis através de pontes raspadoras de superfície, para além de homogeneizar minimamente o seu caudal e composição, e por vezes, pré-ajustar a sua composição química (Fonseca e Teixeira, 2007). Esta etapa tem potencial para remover cerca de 25 a 50% de CBO_5 , 70% dos Sólidos Suspensos Totais (SST) e 65% de óleos e gorduras, que o efluente bruto apresenta. Além da diminuição significativa dos parâmetros referidos, esta fase também tem capacidade para remover metais pesados, azoto orgânico e fósforo orgânico, continuando presentes no efluente constituintes coloidais e dissolvidos.

Os efluentes provenientes do tratamento primário são encaminhados para o tratamento biológico/secundário, que integra a linha de processamento de líquido de uma ETAR. Esta etapa consiste na remoção da matéria orgânica coloidal e dissolvida residual e ainda de sólidos em suspensão que o efluente apresenta.

Existem inúmeras tecnologias com princípios semelhantes para concretizar com eficácia esta etapa, destacando-se os sistemas aeróbios por lamas activadas, leitos percoladores, discos biológicos e sistemas aquáticos através de lagunagem. Tipicamente obtém-se valores de remoção de cerca de 85% para CBO_5 e SST, relativamente aos parâmetros iniciais do efluente bruto. Desta fase do processo normalmente resulta uma corrente de emissões atmosféricas, uma corrente de saída com efluente a ser afinado no processo a jusante ou descarregada no meio receptor, e uma corrente contendo biomassa excedentária produzida à custa de uma parte dos contaminantes (Fonseca e Teixeira, 2007).

Os sólidos decantados que constituem as lamas biológicas, tal como as lamas primárias, seguem para a linha de tratamento da fase sólida, podendo ser paralelamente recirculadas, dependendo das necessidades e definição do sistema de operação.

Por último mas não menos importante, o tratamento terciário que é visto no contexto do saneamento básico em Portugal como um “luxo”, dado as carências de tratamento a níveis mais básico que ainda proliferam em algumas regiões de Portugal. Actualmente têm sido adoptados alguns processos de afinação variáveis com a qualidade meio receptor e com os possíveis usos para o efluente tratado, tais como a sua reutilização. O processo de afinação consiste na redução de nitratos e de fósforo, na correcção do pH e desinfecção. No caso de o efluente tratado ser alvo de reutilização em diversas acções, é executado ainda um processo de filtração permitindo obter eficiências de remoção de matéria suspensa de aproximadamente 95 a 99%, valores superiores aos obtidos durante o processo secundário que se situam entre 85 e 95%, para CBO_5 e de SST (Spellman, 2000).

As tecnologias que podem ser aplicadas no tratamento terciário dos efluentes antes de ser efectuado a descarga para o meio receptor ou ser reutilizado, dependem do objectivo principal de remoção. Desta forma, se o objectivo for a reutilização dos efluentes tratados, a desinfecção de microrganismos

patogénicos presentes no efluente pode ser efectuada através de radiação por lâmpadas UV, ozonização e cloragem. Se o objectivo do tratamento terciário for a remoção de nutrientes, como N e P, normalmente é utilizado processos de precipitação química e de tratamento biológico (Metcalf e Eddy, 2003).



Figura 20 – Órgãos inseridos no processo de tratamento da fase líquida de uma ETAR.

Os processos abordados incidem sobre a fase líquida do tratamento de águas residuais que uma ETAR urbana pode efectuar antes de descarregar os efluentes tratados no meio receptor ou reutilizar para as mais diversas interna e externamente. Tal como referido, o processo de tratamento de águas residuais é constituído por três fases: líquida, sólida e gasosa.

A fase sólida é constituída pelo tratamento das lamas produzidas no nível primário e secundário da fase líquida. A contínua depuração dos efluentes ao longo do processo origina lamas que posteriormente poderão ser alvo de operações de valorização ou de eliminação. Qualquer opção tomada para o tratamento das lamas, o objectivo final da fase sólida será sempre a conversão destas para formas viáveis a nível económico e ambiental.

O tratamento das lamas primárias e secundárias passa por um processo (Figura 21) que abrange as seguintes fases: espessamento e flotação das lamas primárias e secundárias, respectivamente; a digestão da mistura de lamas; desidratação de lamas.

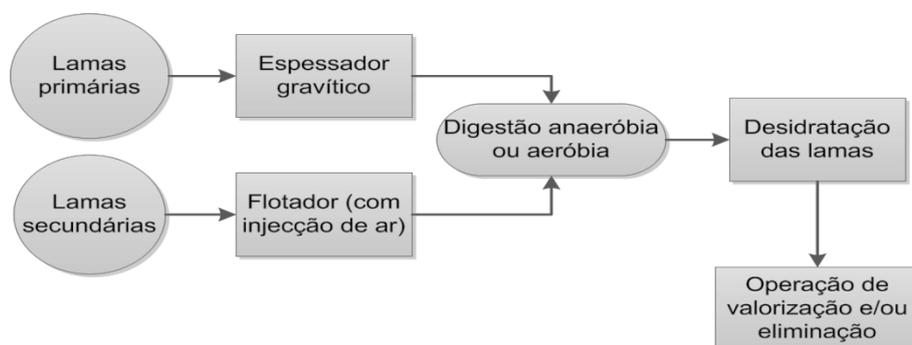


Figura 21 - Processo de tratamento da fase sólida de uma ETAR.

Como se pode verificar na Figura 21, o processo de digestão da mistura de lamas primária e secundária pode ser executado via aeróbia ou anaeróbia, dependendo da utilização posterior que o operador responsável queira dar às lamas.

A tendência para auto-degradação, produzindo em deficiência de O₂ intermediários indesejáveis, obriga normalmente a um tratamento de estabilização. Este é correntemente aplicado às lamas recolhidas no decantador primário devido ao facto de resultarem de águas residuais biodegradáveis. Relativamente às lamas secundárias e se o sistema aplicado na ETAR for um sistema de lamas activadas em arejamento prolongado, as lamas estão estabilizadas pelo que não necessitam de tratamento posterior. Pelo contrário, em sistemas de lamas activadas de alta e média carga e nos sistemas de biomassa fixa, tais como, discos biológicos e sistemas percoladores, as lamas terão de passar por um processo de estabilização por via química ou por via biológica (P. D. J. d. Q. Levy, n.d.).

A opção de estabilizar as lamas por via química consiste em adicionar cal às lamas depois de terem passado pelo processo de digestão, levando ao aumento da mineralização do azoto orgânico. É um processo que apresenta elevados custos de exploração ao nível do transporte e do destino final, além de verificar-se um acréscimo do peso de lamas.

O objectivo principal dos reactores biológicos no tratamento de águas residuais não é maximizar a produção de biomassa, mas utilizar, o mais completamente possível, os substratos poluentes disponíveis (Fonseca e Teixeira, 2007). A escolha entre um sistema de estabilização biológica aeróbia e anaeróbia deve ser ponderada em termos económicos e, também, em termos de eficácia e de flexibilidade. Segundo (Spellman, 2000) os custos associados ao manuseamento das lamas representam 40% do capital de custos e 50% dos custos totais de operação da estação de tratamento. As ETAR projectadas para receber caudais elevados, o sistema mais viável poderá ser o de estabilização por via anaeróbia devido à possibilidade de recuperação de biogás.

A composição das lamas geradas na linha de tratamento depende exclusivamente da composição das águas residuais afluentes e da tecnologia aplicada. Da sua constituição fazem parte substâncias orgânicas e minerais, bem como organismos patogénicos. Na generalidade dos casos, as lamas apresentam cerca de 70 a 80% de água. Depois de desidratadas, estas contêm entre 50 a 70% de matéria orgânica, dependendo do grau de estabilização.

Para além de nutrientes, as lamas podem conter substâncias indesejáveis, como metais pesados (tais como Cádmiu, Cobre, Chumbo, Mercúrio entre outros), existindo por um valor limite para a sua concentração tendo em vista a sua posterior utilização (Serrão *et al.*, 2009).

Tal como as restantes fases executadas nas ETAR, é importante que na concepção do tratamento de águas residuais que a estação irá executar seja seleccionado um processo de tratamento de lamas eficaz. Um processo de tratamento de lamas com insuficiências pode originar descargas para o meio receptor com elevadas cargas. Ressalva-se referir que mesmo um tratamento adequado pode ser ineficaz se o desempenho do operador responsável para a tarefa não for adequado, resultando lamas com características que não respeitem a legislação afecta às lamas de ETAR.

O tratamento de águas residuais pode incluir o tratamento dos gases gerados ao longo da linha de tratamento, através de processos de desodorização que se socorrem de lavagem química em contra corrente, através da adição de H_2SO_4 , $NaOCl$ e $NaOH$. A desodorização pode igualmente ser afectada através de adsorção em torres de carvão activado ou em biofiltros (Belli e Lisboa, 1999).

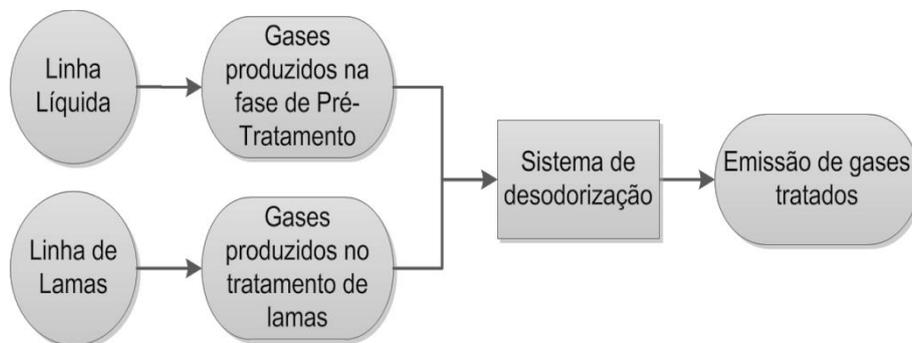


Figura 22 - Processo de tratamento da fase gasosa de uma ETAR.

A linha de tratamento de uma ETAR engloba um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos. As etapas que as águas residuais atravessam até serem descarregadas no meio receptor podem ser alvo de adição de diversos produtos químicos, tal como no processo de tratamento das lamas resultantes da contínua depuração das águas residuais. Assim, ao longo do sistema e para a fase líquida pode-se adicionar produtos correctores de pH, quebrantes de emulsão, anti-espumas, coagulantes orgânicos e inorgânicos e floculantes e para a fase sólida correspondente ao tratamento das lamas produzidas, pode-se juntar floculantes específicos. Relativamente ao tratamento dos gases odoríferos produzidos nas instalações de uma ETAR, é usual adicionar reagentes químicos.

3.2 Riscos com danos ambientais no âmbito da DRA

3.2.1 Recursos hídricos

Os recursos hídricos funcionam como o principal receptor de águas residuais tratadas e não tratadas, e o crescente aumento do êxodo populacional que se verificou a partir dos anos 70 para os grandes centros diminuiu a qualidade das águas superficiais.

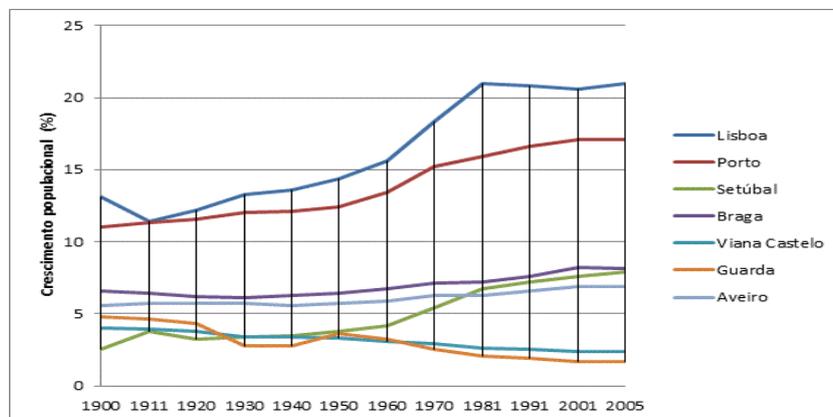


Figura 23 – Evolução percentual de distritos portugueses no século XX e inícios de XXI. Adaptado de: (Moreira e Rodrigues, n.d.).

A poluição dos recursos hídricos, associada a descargas de efluente tratado, bem como os seus impactes nos meios receptores e processos de recuperação das comunidades bióticas afectadas são fenómenos complexos e difíceis de quantificar e tem de levar-se em conta outras fontes de contaminação que proliferam nos arredores do meio aquático.

A alteração da qualidade dos meios estuarinos e costeiros está directamente relacionada com a grande concentração populacional junto dessas áreas. Observando a Figura 23, constata-se um crescimento demográfico nos grandes centros urbanos e mais especificamente, na envolvência de um estuário, como é o caso do distrito de Lisboa. O crescimento das actividades industriais e o desenvolvimento da actividade turística vieram introduzir pressões sobre as zonas costeiras e estuarinas, com o inevitável aumento de produção de efluentes urbanos e industriais (INAG, 2001).

Para além de problemas específicos e pontuais criados pela poluição difusa em grandes áreas urbanas, a poluição proveniente da agricultura de regadio e de um certo tipo de pecuária é a que se afigura como a que poderá ter um peso importante nas cargas poluentes afluentes às linhas de água (INAG, 2001).

Os efluentes no final da linha de tratamento podem apresentar microrganismos patogénicos, nutrientes, compostos com N e P, SS, além da expectável presença de matéria orgânica. Pelo que a análise da influência de descargas de efluentes tratados em ETAR com as comunidades bióticas bioacumuladoras de poluentes existentes, como é o caso dos bivalves, afigura-se muito importante.

Outro possível dano ambiental que pode suceder nos recursos hídricos, incide sobre a influência da matéria orgânica e nutrientes com N e P no meio receptor, provocando a eutrofização e a anoxia do meio aquático. O crescimento acelerado de algas e de formas superiores de plantas aquáticas perturba o equilíbrio ecológico e o grau de qualidade da massa de água receptora, com consequências ao nível do volume do ecossistema, na capacidade de reciclagem do meio e no empobrecimento da biodiversidade.

Tal como referido, as águas residuais podem ter a presença de microrganismos patogénicos e outros componentes tóxicos. Os tratamentos de desinfecção utilizados em ETAR visam a sua remoção de forma a não comprometer a qualidade dos recursos hídricos receptores. No entanto, a possibilidade de a descarga de efluentes de ETAR conter poluentes orgânicos, pode desencadear acções perturbadoras ao nível do sistema endócrino²³ dos animais que constituem o meio aquático, causando efeitos adversos no desenvolvimento sexual e da sua distribuição nesse meio (Nogueira, 2001).

No capítulo 3.1 foram enunciados os tipos de tratamento que uma ETAR poderá aplicar antes de efectuar a descarga dos efluentes para o meio receptor ou reutilizar para outros fins. As ETAR que efectuem tratamento terciário com desinfecção ou remoção de nutrientes apresentam efluentes com elevada qualidade a nível microbiológico e sem presença de matéria orgânica. Consequentemente, graus de tratamento inferiores ao referido apresentam níveis superiores de CBO₅, CQO e SST, com

²³ Sistema endócrino é uma complexa rede de sinais e mensagens químicas que controla as funções e reacções corporais em quase todos os animais vertebrados e invertebrados, interagindo directamente com o sistema nervoso.

efeitos negativos no meio receptor. No caso de se executar apenas tratamento primário, o impacto da descarga no sistema aquático é bastante significativo, existindo uma elevada carga orgânica poluente a ser lançada nas massas de água receptoras.

Um dos casos mais típicos de contaminação das águas receptoras que uma ETAR pode ser responsável, incide sobre a execução de operações de *bypass* ao longo da linha de tratamento das águas residuais para o meio aquático receptor. O recurso a descargas de emergência decorre de eventuais falhas em equipamentos que constituam o processo de tratamento, entre outras razões que se encontram descritas no capítulo 3.3, que aborda em pormenor as situações em que pode ocorrer uma operação de *bypass*. Desta forma e exemplificando, se ocorrer uma falha nos equipamentos que integram o tratamento biológico que impossibilite o decorrer normal de depuração das águas residuais, os técnicos responsáveis poderão ter de proceder a uma operação de *bypass* a montante do tratamento secundário.

3.2.2 Solo

Ao nível da contaminação de solos, a fase de exploração de uma ETAR acarreta possíveis riscos com consequências ambientais. Como já referido ao longo da dissertação, os danos ambientais considerados no âmbito da DRA repartem-se entre espécies e *habitats* naturais protegidos, recursos hídricos e solo, se este criar um risco significativo para a saúde humana. Em Portugal não existe enquadramento legal sobre contaminação de solos, sendo frequente o uso da norma holandesa para solos e o “*Guidelines for use at contaminated sites in Ontário*”, legislação canadiana.

Desta forma, os principais riscos ambientais sofridos pelo solo, advêm da produção de lamas e da sua valorização agrícola e/ou outras operações de valorização e da possibilidade de ocorrer contaminação das águas subterrâneas e do solo adjacente às instalações da ETAR.

A operação de valorização agrícola das lamas produzidas em ETAR é um método atractivo do ponto de vista económico e ambiental. Este método promove a reciclagem de nutrientes que descarregados nos recursos hídricos geram danos ambientais, mas que no caso de aplicação no solo é um aspecto positivo no sentido de que para o crescimento das plantas é necessário azoto, fósforo e potássio, assim como matéria orgânica.

No entanto, as lamas aplicadas na agricultura poderão ter presentes quantidades elevadas de metais pesados e microrganismos patogénicos que podem causar sérios problemas ambientais às plantas e aos microrganismos do solo, nomeadamente as bactérias fixadoras de azoto, *Rhizobium* (Gonçalves e Castro, 2004).

Os elementos químicos que podem originar contaminações nas plantas e solo são genericamente, o Zinco, o Cobre, o Níquel, o Cádmio e o Boro, este último em menor extensão. O Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro, transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 86/278/CE do Conselho, de 12 de Junho, que estabelece o regime de utilização agrícola das lamas produzidas em ETAR urbanas, de forma a precaver contaminações do solo por teores elevados de metais pesados.

Para que as lamas produzidas nas ETAR urbanas sejam aplicadas em solos agrícolas é necessário que determinados valores de concentração de metais pesados, compostos orgânicos e dioxinas não excedam o limite legislado. Como se pode verificar, o Quadro 3 indica as concentrações máximas permitidas que as lamas poderão conter, sem que haja danos negativos associados no solo.

Quadro 3 – Valores limite de concentração de lamas de ETAR a aplicar em solos agrícolas. Adaptado de Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro.

Metais pesados	Valores limite (mg/kg matéria seca)	Compostos orgânicos	Valores limite (mg/kg matéria seca)
Cádmio	20	LAS	5000
Cobre	1000	NPE	450
Níquel	300	PAH	6
Chumbo	750	PCB	0,8
Zinco	2500		
Mercúrio	16	Dioxina: PCDD	100 (ng TEQ/kg ms)
Crómio	1000	Dioxina: PCDF	

A aplicação de lamas de ETAR urbanas em solos agrícolas só é possível se os valores reais forem inferiores aos valores estabelecidos pelo regime legal. A selecção de processos de depuração influencia a produção de lamas que variam em quantidade e qualidade.

Desta forma, se as águas residuais afluentes sofrerem apenas tratamento preliminar, a produção de lamas não é considerada, visto que nesta fase apenas se recolhe sólidos grosseiros, areias e gorduras. A não produção de lamas nesta fase inicial do processo de tratamento não significa que esta fase esteja isenta de riscos ambientais, como se explicará ainda no presente capítulo.

A maior parte da produção de lamas de ETAR centra-se exclusivamente nos processos de tratamento primário e secundário, que de certa forma são consideradas as fases de tratamento onde actualmente as lamas são produzidas. Em Portugal Continental e observando a Figura 18, o tratamento secundário é o mais utilizado nas ETAR, com maior representatividade nas regiões do Minho e Lima (RH1) e das Ribeiras do Algarve (RH8).

Associada à depuração das águas residuais, o tratamento secundário de uma ETAR também compreende a produção de lamas primárias e secundárias, que apresentam características diferentes. A etapa primária do tratamento gera lamas constituídas por sólidos orgânicos e inorgânicos removidos no decantador primário, permitindo assim remover cerca de 50-70% de SS e 25-40% em CBO₅ e 20% em gordura. As lamas removidas no decantador secundário, provenientes de tratamento biológicos, são constituídas por fracções orgânicas e inorgânicas, tal como as lamas primárias.

As lamas recolhidas nas duas etapas de tratamento dos afluentes apresentam um teor elevado em humidade, de aproximadamente 91-95% e 98,5-99,5%, respectivamente. Este facto revela a dificuldade de manuseamento e transporte, sendo recorrente proceder-se à desidratação das lamas.

Este processo é importante pois remove quantidade de água suficiente para alterar a sua consistência antes de estas serem transportadas para valorização agrícola ou para aterro final. No entanto, as lamas desidratadas apresentam teores de humidade de cerca de 70%, suficiente para que deixem de se comportar como um líquido e possam ser manuseadas manualmente ou mecanicamente (Spellman, 2000).

Tal como referido no início do presente capítulo, um dos principais danos ambientais provocados ao solo incide sobre a contaminação das águas subterrâneas e da zona envolvente às instalações. Durante a fase de exploração de uma ETAR, embora com probabilidade reduzida, podem ocorrer fissuras, rupturas estruturais e transbordos nos órgãos de tratamento. Estas situações podem provocar possíveis contaminações derivadas de infiltrações no solo do interior das instalações da ETAR e das zonas envolventes, que não esteja impermeabilizado.

A possível ocorrência de uma das hipóteses referidas no parágrafo anterior provoca impactes bastante negativos ao solo provocando a sua degradação com consequente perda de parte da capacidade do solo. A deterioração *in situ* provoca perdas de biodiversidade vegetal, de biomassa e diversidade dos organismos do solo, entre outras.

A título de exemplo, a contaminação do solo e/ou da envolvente devido a uma ruptura do órgão de tratamento na etapa preliminar da linha de tratamento teria graves consequências ao nível do solo e das águas subterrâneas, visto que na fase inicial do processo de depuração, as águas residuais estão praticamente em bruto.

3.2.3 Espécies e *habitats* naturais protegidos

Tal como os riscos ambientais considerados para o solo e para os recursos hídricos, as espécies e *habitats* protegidos também se encontram abrangidos pela DRA. Determinados eventos associados à fase de exploração de uma ETAR podem afectar a dinâmica ecológica quer da envolvente da ETAR, quer do meio receptor.

De facto os impactes ambientais que este vector pode sofrer acabam por ser impactes indirectos, que estão associados à ocorrência de danos ambientais nos outros dois componentes ambientais consagrados no diploma. Desta forma, um dano ambiental nos recursos hídricos provoca indirectamente danos ambientais às espécies e aos *habitats* que ocupam o meio hídrico. Semelhante analogia pode ser aplicada a um dano ocorrido no solo, pois na hipótese de ocorrência de um dano sobre este vector, as espécies e os *habitats* vão sofrer consequências. O grau de deterioração deste recurso natural depende da sua capacidade de reacção aquando da ocorrência de um dano ambiental nos restantes componentes ambientais abrangidos na DRA.

Os elementos naturais considerados no regime de responsabilidade ambiental, no qual o presente trabalho centra o foco de interesse, não são os únicos serviços ambientais potencialmente alvo de riscos com impactes negativos. A qualidade do ar é um dos factores que mais suscita queixas por parte das populações que se encontram na envolvente das ETAR, devido à emissão de gases odoríferos durante o processo de tratamento das águas residuais.

No entanto, já é recorrente a inclusão de sistemas de tratamento do ar, sistemas de desodorização, nas ETAR, para que haja uma diminuição de emissão de gases odoríferos e não seja ultrapassado o limite permitido na legislação.

3.3 Ocorrências gerais em ETAR

O tratamento das águas residuais que afluem a uma ETAR comporta riscos sobretudo ao nível da segurança dos trabalhadores e ambientais. Os riscos ambientais associados ao processo de depuração derivam principalmente de falhas humanas durante os trabalhos necessários numa ETAR, e de falhas em órgãos e equipamentos, que constituem a linha de tratamento. Desta forma e no presente capítulo elaborar-se-á uma lista de possíveis falhas mecânicas com riscos ambientais genéricas que uma ETAR pode provocar ao meio ambiente para que se proceda à selecção das ocorrências com riscos ambientais para o estudo de caso seleccionado. Além destas, podem existir mais riscos associados que dependem do tipo de ETAR e do tratamento que efectua.

Como já referido ao longo do presente estudo, o processo de tratamento que uma ETAR efectua, comporta não apenas o tratamento à fase líquida mas também à fase sólida e fase gasosa. Desta forma, a avaliação dos riscos ambientais de uma ETAR recai sobre as três fases de tratamento. Em cada uma das três linhas de tratamento será realizado uma avaliação dos riscos ambientais associados e que podem reflectir-se negativamente sobre os serviços ambientais do RJRA.

A linha de tratamento de uma ETAR comporta riscos ambientais que ao abrigo do regime de responsabilidade ambiental têm de ser considerados para determinar o valor da magnitude do dano e da garantia financeira. Globalmente, na fase de exploração de uma ETAR, existem várias acções passíveis de originar impactes negativos no ambiente.

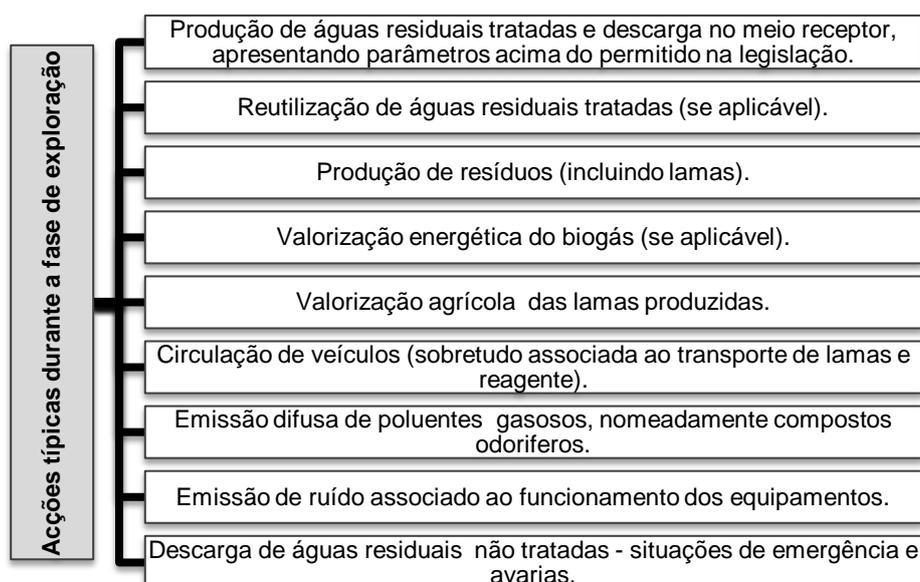


Figura 24 - Acções passíveis de impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR.

Das acções passíveis de causar impactes ambientais expressas na Figura 24, nem todas estão abrangidas pelo diploma de responsabilidade ambiental.

É importante recordar que, o regime que aborda esta temática apenas considera danos ambientais aos recursos hídricos, ao solo e às espécies e *habitats* naturais protegidas. Desta forma, do conjunto de acções geradoras de impactes negativos no meio ambiente, apenas se considera as acções que estejam relacionadas com os três elementos ambientais, tal como se pode verificar na Figura 25.

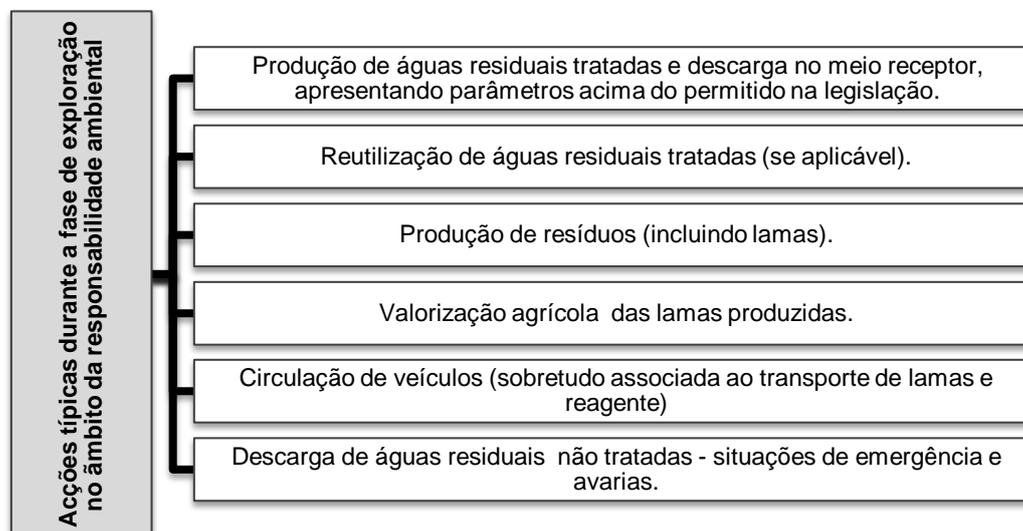


Figura 25 - Acções passíveis de impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR, no âmbito da responsabilidade ambiental.

Grande parte das acções passíveis de gerar impactes ambientais negativos durante a fase de exploração estão associados a eventos resultantes de falhas de equipamentos mecânicos, electromecânicos que auxiliam a linha de tratamento da fase líquida e da fase sólida e das estruturas armazenadoras dos efluentes. As falhas com probabilidade de ocorrência podem ser denominadas de falhas processuais, visto que cada fase do processo de tratamento engloba um conjunto de equipamentos electrónicos, mecânicos, electromecânicos e equipamentos de transporte de águas residuais (tais como válvulas, tubagens, etc), passíveis de sofrerem avarias e/ou rupturas. Além da ocorrência de eventos ser, grosso modo, derivado de falhas com origem em equipamentos, também podem ocorrer impactes negativos no meio ambiente proveniente de falhas de origem antrópica.

Ao analisar as listas de acções passíveis de gerar impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR (Figura 24 e Figura 25), verifica-se que foram retirados dois itens, a valorização energética do biogás e a emissão difusa de poluentes gasosos. A valorização energética é vista como um impacte ambiental positivo, no sentido que é aproveitado o biogás para produção de energia eléctrica. No entanto, no capítulo 4 é incluído na avaliação de riscos ambientais o equipamento de armazenamento de biogás, pois é um órgão com risco de explosão e que pode provocar danos estruturais em órgãos adjacentes.

Os impactes ambientais que o meio hídrico pode sofrer estão associados essencialmente a falhas processuais da fase líquida de tratamento que se efectua em ETAR. Desta forma, realiza-se uma análise e avaliação sobre o tratamento preliminar, tratamento primário tratamento secundário e tratamento terciário.

Relativamente a danos ambientais provocados ao solo, proceder-se-á a uma análise de todos os processos executados no interior da ETAR, que apresentem probabilidade de ocorrência de eventos com impactes negativos nas instalações e na área envolvente à ETAR e que apresentem consequências para o ser humano. Além dos danos referidos, podem surgir contaminações durante o transporte das lamas no interior da estação e no percurso entre a ETAR e o destino final a ser dado às lamas produzidas.

Os danos que os serviços ambientais referentes às espécies e habitats protegidos podem sofrer advêm essencialmente de danos provocados aos restantes serviços ambientais abrangidos na DRA. Por outras palavras se o solo e/ou recursos hídricos sofrerem danos que afectem as suas características, indirectamente irá afectar também as espécies e *habitats* protegidos visto que este vector natural se encontra, quer no solo, quer nos recursos hídricos.

É necessário referir que a avaliação geral de riscos ambientais incide sobre uma ETAR com uma tipologia de tratamento semelhante ao estudo de caso, ou seja, uma ETAR com tratamento terciário, com desinfecção final e valorização energética das lamas produzidas por produção de biogás.

Em seguida é apresentado um conjunto de ocorrências que usualmente se verificam em ETAR e que apresentam riscos de provocar danos ambientais aos elementos naturais considerados no regime de responsabilidade ambiental, do qual a actividade ocupacional em estudo está abrangida, de acordo com o Anexo III referente ao diploma em questão.

a) Operação de *bypass*

Um dos incidentes com maior frequência que pode ocorrer em ETAR relaciona-se com descargas poluentes de efluentes ainda não sujeitos a tratamento de depuração, tecnicamente apelidada por operação de *bypass*. Este pode ser executado ao longo de toda a linha de tratamento, mais especificamente entre os órgãos de tratamento que constituem uma ETAR. Consoante a zona que se realiza a operação de *bypass* para o meio hídrico, assim varia a concentração da carga poluente emitida do efluente descarregado. A ocorrência de descargas de efluente antes do processo de depuração estar completo pode ser a consequência de diversas situações, tais como se encontram apresentadas no

Quadro 4.

Quadro 4 - Lista de operações de *bypass* em ETAR.

Operação de <i>bypass</i>	Falhas no fornecimento de energia eléctrica;
	Falhas de equipamentos;
	Envelhecimento de infra-estruturas;
	Falta de manutenção dos equipamentos instalados na ETAR;
	Obstrução da rede de tratamento;
	Volumes de chegada acima do caudal de dimensionamento derivado de chuvadas;
	Perturbações na linha de tratamento;

As situações de ocorrência de operações de *bypass* descritas, não estão excluídas da obrigação, por parte do operador, de elaborar medidas de prevenção e de reparação previstas no regime de responsabilidade ambiental. O conjunto de ocorrências identificadas tem como principal consequência, a contaminação das águas receptoras e conseqüentemente as espécies e *habitats* marinhos.

b) Ruptura de órgãos/equipamentos e acessórios de tratamento de AR

Uma ETAR é constituída por um conjunto de órgãos de tratamento que suportam enormes quantidades de volumes de efluentes em processo de depuração. A hipótese de ocorrer uma ruptura num órgão de tratamento é, por si só um incidente com graves conseqüências ao nível da contaminação de solos, de perturbações dos recursos hídricos e das espécies e *habitats* naturais protegidas. No entanto, quanto mais a montante da linha de tratamento a ruptura ocorrer, maior é o nível de contaminação devido à maior concentração de contaminantes existente no efluente, ou seja, o dano ambiental é superior se se verificar uma ruptura em decantadores primários, comparativamente a uma ruptura em órgãos terciários. A hipótese de ocorrência de colapso de um órgão de tratamento de águas residuais comporta danos ambientais que variam consoante a área afectada e as medidas de prevenção e minimização previstas que permitam reduzir a magnitude do dano.

Tal como a hipótese de ruptura, a possibilidade de verificar-se fissuras nas estruturas de betão induz a ocorrência de danos ambientais na zona interna e envolvente da ETAR. No caso específico de a fissura ocorrer na laje de um decantador, tal pode originar uma contaminação das águas subterrâneas, caso a área de implementação da ETAR se situe sob um sistema aquífero.

A transferência dos efluentes entre os órgãos de tratamento processa-se através de um circuito de tubagens que transporta as águas residuais e as lamas produzidas ao longo das etapas de tratamento da fase líquida e sólida, respectivamente. Associado ao transporte dos produtos e subprodutos existe um conjunto de equipamentos acessórios e mecanismos que, tal como as tubagens, podem proporcionar situações de ocorrência de danos ambientais nos elementos naturais considerados, derivado de falhas e/ou rupturas. A possibilidade de ocorrência de rupturas em equipamentos acessórios de transporte e o conseqüente dano ambiental é mais gravoso quando o incidente ocorrer no início do processo de depuração.

c) Falha processual no tratamento dos efluentes

Os efluentes tratados em ETAR juntamente com descargas não identificadas são a maior fonte de contaminação das bacias hidrográficas, conseqüência dos inúmeros poluentes que apresentam na sua constituição (Verdonck *et al.*, 2003).

Relativamente ao caso específico da presente dissertação, a avaliação de risco ambiental abrange uma estimativa da probabilidade de ocorrência de um evento e avaliar a extensão dos danos sofridos pelos sistemas ecológicos (Verdonck *et al.*, 2003).

Tal como abordado, o tratamento dos efluentes que afluem a uma ETAR engloba um conjunto de etapas constituídas por diversos equipamentos electromecânicos, que como tal, contém uma taxa de avaria associada.

A título de exemplo, no caso do tratamento biológico efectuado pela ETAR ser constituído por um processo de arejamento por injeção ascendente de ar e este mecanismo avariar, a eficiência do processo diminui, com conseqüente aumento das cargas poluentes no efluente à saída tratamento secundário e conseqüentemente um aumento das concentrações na descarga para o meio receptor. Quanto mais a montante se verificar uma falha no processo de tratamento, maior é a probabilidade de o efluente no final do processo apresentar parâmetros superiores.

As falhas processuais que podem ocorrer no processo de tratamento resultam muitas vezes de problemas em equipamentos como as bombas necessárias na linha de tratamento de águas residuais, pelo facto de estes equipamentos terem como principal objectivo, remover SS em cerca de 60% e mais de 90%, na fase de tratamento primário e secundário, respectivamente. Uma eficiência de remoção inferior ao previsto gera um efluente com parâmetros superiores em SS, com inerentes danos ambientais.

Uma das principais razões para que os efluentes no final do processo de tratamento apresentem parâmetros acima do que a legislação específica estipula é o fenómeno de *bulking*, que ocorre devido a imprópria sedimentação e compactação, provocado pela predominância de microrganismos filamentosos. No entanto, a ausência completa destes organismos também não é aconselhada, pois funcionam como suporte para as ligações entre flocos. Além deste, existem factores condicionantes de *bulking* provocado por questões operacionais, tais como, défice de nutrientes, CBO₅ reduzido, temperatura, pH e deficiência em Oxigénio dissolvido (Metcalf e Eddy, 2003).

No entanto existem métodos que podem ser aplicados para controlar a ocorrência de *bulking*, tais como proceder à recirculação das lamas e pontos de alimentação, controlar biologicamente através da utilização de protozoários ciliados (que são considerados predadores) e por último através da adição de químicos e sólidos inertes ou de desinfectantes específicos que visam a remoção de organismos filamentosos.

d) Outros tipos de ocorrências

As ocorrências referidas ao longo deste capítulo foram descritas como possíveis de se verificar, não sendo as únicas que podem ocorrer nas instalações de uma ETAR. A área interna da estação compreende também o movimento de veículos pesados de transporte que, não sendo expectável de ocorrer pode verificar-se colisões com estruturas de tratamento, danificando-as e, desta forma provocar danos ambientais considerados no regime de responsabilidade ambiental.

O operador responsável pela ETAR e pelo tratamento das águas residuais que se procede nas instalações é responsável também pelos danos ambientais que se verifiquem no exterior da área de implementação da ETAR, directa ou indirectamente, tal como será explicado mais à frente no presente capítulo.

Antes de mais, é necessário referir que as lamas produzidas durante o tratamento de depuração das águas residuais são submetidas a um processo de digestão e posteriormente à desidratação, com o objectivo de diminuir o teor de humidade que apresentam, que em regra ronda valores de cerca de 70 a 80% em água. A selecção do processo de desidratação deve ser efectuada levando em consideração as características da lama, espaço disponível e as operações de deposição final do resíduo.

A ocorrência de um acidente rodoviário no percurso entre as instalações da ETAR e o local de deposição final de resíduos, envolvendo o veículo de transporte das lamas de ETAR, é alvo das disposições estabelecidas no Decreto-Lei sobre responsabilidade ambiental, desde que se consiga estabelecer o nexo de causalidade entre o acidente e o dano ambiental provocado. No caso de a operação de transferência das lamas ser assegurada por uma empresa externa, o operador da ETAR é responsável, não pelo acidente ocorrido mas pela possível contaminação da área, como consequência de lamas que na sua constituição apresentem concentrações de determinados poluentes que conferem risco ambiental quando aplicadas no solo.

A aplicação de lamas produzidas em ETAR em solos agrícolas e florestais é um método atractivo de reaproveitamento deste tipo de resíduos gerados. No entanto, existem riscos ambientais associados ao uso das lamas, nomeadamente se estas apresentarem níveis de metais pesados e micropoluentes orgânicos superiores ao permitido pela legislação afecta à valorização agronómica das lamas de ETAR. Segundo o n.º 2 do Anexo III do diploma nacional, as operações de espalhamento de lamas de águas residuais provenientes de ETAR não estão incluídas na responsabilidade ambiental. No entanto, na dissertação, eventos relacionados com aplicação de lamas de ETAR em solos agrícolas foram considerados nos cálculos da magnitude do dano e do valor da garantia financeira.

Tal como já abordado no capítulo 2.6, de acordo com o artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, é necessário estabelecer um nexo de causalidade entre os danos causados e a ETAR para que seja aplicado as obrigações decorrentes que o regime de responsabilidade ambiental estipula. Desta forma, os incidentes identificados que apresentem probabilidade de se verificar e provocar danos ambientais significativos e adversos, assentam no critério de verosimilhança e de probabilidade do facto danoso ser apto a produzir a lesão verificada.

3.4 Nível de magnitude dos danos ambientais

No âmbito das disposições do Decreto-Lei n.º147/2008 de 29 de Julho, base da presente dissertação, o cálculo da magnitude financeira considera apenas os danos ambientais ou ameaças iminentes desses danos, causados em resultado do exercício de uma qualquer actividade económica e com efeitos significativos e adversos. Os danos ou ameaças efectivas de danos que resultem de actos expressos na alínea 2) do artigo 2.º do mesmo diploma estão fora do campo de acção para o cálculo da magnitude financeira.

No capítulo 3.2 foram introduzidos os danos que poderão ocorrer sobre os componentes ambientais considerados no regime legal interno. Referir que, os riscos ambientais identificados reflectem possíveis falhas ou rupturas que poderão ocorrer nos equipamentos e órgãos de tratamento que executam o processo de tratamento de uma ETAR.

Devido ao facto de o regime de responsabilidade ambiental apenas considerar a imputação ao operador na materialização do risco de danos ambientais ao solo, aos recursos hídricos e às espécies e *habitats* naturais protegidos, tal não significa que não possa haver mais bens ambientais afectados.

A presente dissertação centra o seu estudo sobre uma actividade operacional incluída no Anexo III do actual diploma sobre responsabilidade ambiental, mais concretamente sobre uma ETAR. Tal como foi expresso no capítulo anterior, a depuração das águas residuais afluentes à ETAR acarreta riscos em caso de ocorrência de um evento danoso para o meio ambiente. A magnitude do dano varia ao longo da linha de tratamento, ou seja, a linha de tratamento da fase gasosa apresenta uma magnitude de dano tendencialmente menor em relação ao tratamento da fase sólida ou da fase líquida.

Perante a obrigação da materialização do risco que o regime legal estabelece às actividades ocupacionais inseridas no Anexo III, o operador responsável pelo desenvolvimento das instalações terá de fornecer informação sobre o estado de conservação da zona envolvente à actividade. Perante o estado de conservação do zona envolvente e de a área de influência da actividade estar ou não, inserida ou próxima de áreas classificadas, assim varia o nível de magnitude dos vários tipos de eventos danosos. Além da recolha de informações sobre a área envolvente ao nível de classificação de áreas protegidas, será da responsabilidade do operador a recolha de dados sobre os mais variados elementos naturais que podem vir a sofrer danos negativos e que estejam no âmbito do regime de responsabilidade ambiental. Desta forma, é fulcral a recolha de informação sobre a situação de referência dos recursos naturais abrangidos pelo regime de responsabilidade ambiental.

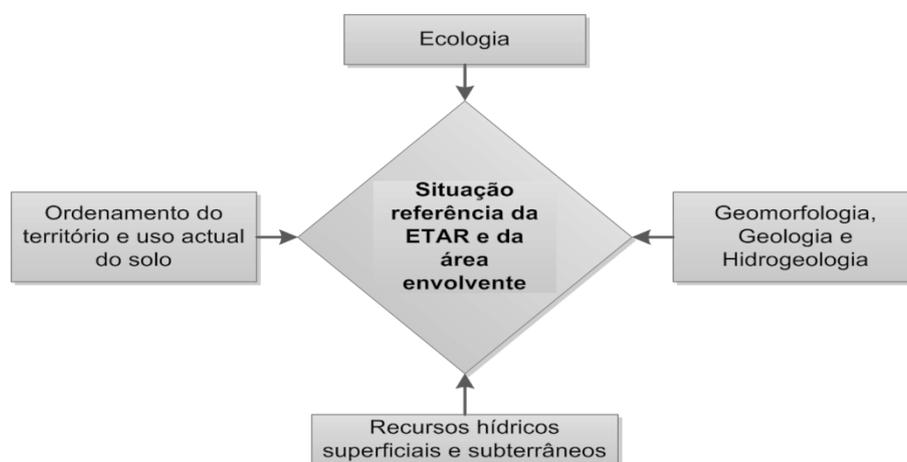


Figura 26 – Instrumentos de caracterização da situação de referência da actividade operacional.

Os elementos ambientais considerados na Figura 26 ajudam a caracterizar a situação de referência que são a base das medidas de reparação que o operador está responsabilizado a efectuar no caso de ocorrer um dano ambiental significativo.

A materialização dos riscos ambientais para valores monetários requer em primeira instância uma avaliação das ocorrências já registadas no histórico da actividade operacional. Posteriormente identifica-se tipologias de eventos com repercussões a nível ambiental, que ainda não tenham ocorrido mas que haja probabilidade de vir a acontecer.

No cálculo monetário dos riscos ambientais com probabilidade de ocorrência, a estimativa da frequência aplicada pode ter origem em dois formatos distintos mas que de certa forma se complementam. No caso de haver registo histórico de eventos com impacte negativo sobre os factores ambientais legislados, a frequência anual desse evento pode ser aplicada em eventos com probabilidade de ocorrência que possuam tipologia semelhante. Se não houver registo histórico de um evento verificado com tipologia semelhante ao evento de possível ocorrência, procede-se a uma revisão bibliográfica sobre a tipologia específica, de forma a tentar estabelecer um paralelo entre a frequência de ocorrência da tipologia identificada no estudo e a frequência anual resultante da pesquisa bibliográfica.

Tal como já referido ao longo da presente dissertação, apenas os danos ambientais ou ameaça iminente de danos, com efeitos significativos e adversos, são considerados no âmbito da legislação de responsabilidade ambiental, apesar de o RJRA não explicitar o significado destes termos. A magnitude do dano a ser determinada e considerada teria assim de obedecer ao critério legislado, sendo excluídos para o cálculo financeiro, eventos que não apresentem danos significativos para os elementos ambientais considerados.

Após a identificação de todos os eventos verificados e possíveis de ocorrer e respeitando o RJRA, ter-se-ia que proceder à selecção dos eventos considerados significativos, determinando-se assim o valor da garantia financeira a estabelecer pelo operador da actividade operacional. No entanto, tal reflexão transcrita no RJRA comporta uma enorme subjectividade no sentido que não estabelece um critério, não quantifica sobre o que é considerado um dano ambiental significativo e adverso, ficando assim a cargo do operador responsável pela actividade a sua perspectiva de dano ambiental significativo, com consequências ao nível do montante da garantia financeira a estabelecer.

Devido à subjectividade do regime de responsabilidade ambiental, o presente trabalho considera todas as ocorrências que provoquem danos ambientais. No entanto, aplica-se um processo de triagem dos eventos identificados com probabilidade de ocorrência, que obedecerá a um conjunto de critérios expostos no Quadro 5 e Quadro 6, e que serão a base para a formação da garantia financeira. Desta forma, a relevância que uma dada ocorrência pode ter, dependerá do grau da gravidade e da abrangência do dano ambiental ocorrido.

Quadro 5 - Grau de abrangência de eventos com danos ambientais.

Grau	Peso	Extensão do dano ambiental – área abrangida
Pontual	1	Restringido ao interior da ETAR.
Local	2	Área interna e área envolvente da instalação da ETAR (raio de acção).
Global	3	Área afectada superior à área envolvente.

Quadro 6 - Grau de gravidade dos danos ambientais.

Nível	Peso	Intensidade do dano ambiental
Baixo	A	Medidas eficazes de minimização, prevenção e remediação.
Médio	B	Limites de descarga superiores ao VLE ²⁴ e VMA ²⁵ e outros limites legalmente impostos em áreas não sensíveis. Medidas de remediação aplicadas requer remoção do material contaminado e inibição de uso.
Alto	C	Limites de descarga superiores ao VLE e VMA e outros limitem legalmente impostos em áreas sensíveis com efeitos significativos. Medidas específicas de remediação, prevenção e minimização para a área afectada.

A relevância que um certo evento com probabilidade de ocorrência de danos ambientais tem no meio ambiente depende fundamentalmente das consequências sofridas pelos vectores ambientais abrangidos pela actual lei de responsabilidade ambiental. O Quadro 7 estabelece a relação entre a intensidade e a extensão do dano ambiental que se encontram identificadas em quadros anteriores.

Quadro 7 – Matriz do grau de relevância de um evento.

		Abrangência		
		1	2	3
Gravidade	A	A1	A2	A3
	B	B1	B2	B3
	C	C1	C2	C3

No estudo considera-se para a constituição da garantia financeira, as ocorrências assinaladas a cor de laranja (A3 e B3) e a vermelho (B2, B3, C1, C2 e C3), visto serem os eventos que maiores consequências poderão provocar nos componentes ambientais considerados na legislação afecta.

No presente capítulo houve uma pequena abordagem sobre a possibilidade de não haver dados históricos sobre ocorrências de eventos causadores de danos ambientais. A hipótese de não existir registo de falhas processuais e/ou falhas com origem em falhas mecânicas ao longo da fase de exploração de uma actividade operacional, sugere o recurso a bibliografia existente que forneça valores de

²⁴ VLE – Valor Limite de Emissão.

²⁵ VMA – Valor Máximo Admissível.

frequência de probabilidade sobre falhas de componentes que compõem a linha de tratamento de uma ETAR e que se encontra expresso no Quadro 20, do Anexo II.

Desta forma, no caso de haver possíveis situações de ocorrer mas que não haja dados históricos disponíveis, elabora-se uma pesquisa bibliográfica que ajude a formular um valor de frequência para o acontecimento identificado. Mesmo que o valor de probabilidade obtido seja muito baixo, tal não é desprezável no sentido que é importante saber as consequências que um acidente possa ter. A opção de recorrer a dados que efectivamente não correspondam ao histórico de falhas da ETAR, visa sobretudo a enriquecer o trabalho, no sentido que o valor de frequência de cada ocorrência é a base para que se consiga determinar o valor do risco global de ocorrência de danos ambientais.

3.5 Magnitude dos danos ambientais em valor monetário

O foco principal do estudo centra-se sobretudo em elaborar uma avaliação de risco ambiental a uma ETAR e avaliar os custos associados das medidas de prevenção e reparação, de acordo com o estabelecido na DRA, posteriormente transporta para a legislação nacional.

O valor monetário da garantia financeira a ser estabelecida pelo operador da actividade operacional incide sobre os danos ambientais considerados significativos. A conversão da magnitude dos danos identificados em valores monetários obtém-se com o recurso a probabilidades.

A determinação do risco ambiental associado a uma actividade operacional e especificamente da actividade abordada na presente dissertação decorre da probabilidade de um evento ocorrer, com o valor de magnitude do dano associado a esse evento. Deste modo, o valor do risco ambiental é função da probabilidade de ocorrência e da sua magnitude.

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade de ocorrência} \times \text{Magnitude do dano} \quad (3)$$

Note-se que tratando-se de responsabilidade ambiental, o objecto em estudo, a probabilidade de ocorrência de um evento só será considerada se esse evento tiver repercussões ambientais com danos significativos e adversos.

Existem dois tipos de distribuições teóricas correspondentes a diferentes tipos de dados ou variáveis aleatórias, distribuição discreta e distribuição contínua. As distribuições de probabilidades recebem o adjectivo “discretas” ou “descontínuas” quando a variável aleatória envolvida é enumerável ou contável. Relativamente à denominada distribuição contínua de probabilidade, esta está associada a eventos que podem assumir um qualquer valor de um determinado intervalo.

Relativamente ao foco principal do presente trabalho, assume-se a distribuição discreta como a mais indicada para determinar o valor monetário dos eventos ocorridos e dos com possível ocorrência. Inseridas no conjunto de distribuições discretas de probabilidade, encontra-se a distribuição de Bernoulli, Binomial, Polinomial, Geométrica, Hipergeométrica, de Pascal (ou Binomial Negativa) e de Poisson.

Do conjunto de distribuições discretas possíveis, a obtenção da garantia financeira será determinada com o recurso à distribuição de Poisson, utilizada para modelar um dos objectivos principais da dissertação, o cálculo do valor da garantia financeira a ser constituída.

A distribuição de Poisson está associada ao matemático e físico francês Siméon Denis Poisson (1781-1840), que desenvolveu o expoente de Poisson, usado na transformação adiabática de gases. A distribuição de Poisson foi a seleccionada no desenvolvimento dos cálculos da dissertação, visto ser uma distribuição de probabilidade discreta, que expressa a probabilidade de um certo número de eventos ocorrerem num dado período de tempo, caso ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último evento (Silveira, 2009).

A função massa de probabilidade de Poisson é dada por:

$$P(X = x) = \begin{cases} e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}, & \text{se } x \geq 0 \\ 0, & \text{c. c.} \end{cases} \quad (4)$$

onde λ representa a média da distribuição binomial e x representa o número de eventos que ocorrem num dado intervalo de tempo.

A função cumulativa de probabilidade é dada por:

$$F(x) = P(X = x) = \sum_{x=0}^x \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}, \text{ onde } x \geq 0 \quad (5)$$

O processo de Poisson é identificado quando a ocorrência de um evento num determinado intervalo de tempo não tem qualquer efeito sobre a probabilidade de ocorrência de um segundo evento, ou seja, a ocorrência dos sucessos é independente e um número infinito de ocorrências de um evento deve ser possível no intervalo.

A distribuição de Poisson é uma aproximação da distribuição Binomial, quando o número de provas n tende para infinito e a probabilidade p do evento tende para zero, mantendo-se finito e não nulo o produto np , a média da distribuição, isto é,

Quando $n \rightarrow \infty$ e $p \rightarrow 0$, mantendo-se constante o produto np , tem-se que:

$$X \bigcap Binomial(n, p) \Rightarrow X \bigcap Poisson(np) \quad (6)$$

Regra geral, a distribuição de Poisson fornece uma boa aproximação da distribuição Binomial quando $n \geq 20$ e $p \leq 0,05$.

A distribuição de Poisson difere da distribuição Binomial relativamente em dois aspectos. Enquanto a distribuição Binomial é afectada pelo tamanho da amostra n e pela probabilidade p , a distribuição de Poisson é afectada apenas pela de ocorrência λt . Outro aspecto que diferencia as duas distribuições é o limite da variável X , onde a distribuição binomial impõe um limite máximo n e a distribuição de Poisson não apresenta limite superior.

O valor global da garantia financeira envolve um conjunto de ocorrências com consequências ambientais. Tal como descrito, a probabilidade de ocorrência de um incidente é determinada com recurso à distribuição de Poisson, sendo desta forma obtida a probabilidade de ocorrência de uma situação de risco ambiental num definido espaço temporal e num determinado número de vezes.

Os riscos associados às ocorrências identificadas como provocadoras de danos ambientais são determinados através do produto da magnitude do dano com a probabilidade de ocorrência correspondente, isto é:

$$\begin{cases} \chi_t(ID_1) = \chi_1 \times MD_{ID_1} + \chi_2 \times MD_{ID_1} + \dots + \chi_n \times MD_{ID_1} \\ \chi_t(ID_2) = \chi_1 \times MD_{ID_2} + \chi_2 \times MD_{ID_2} + \dots + \chi_n \times MD_{ID_2} \\ \vdots \\ \chi_t(ID_N) = \chi_1 \times MD_{ID_N} + \chi_2 \times MD_{ID_N} + \dots + \chi_n \times MD_{ID_N} \end{cases} \quad (7)$$

onde $\chi_t(ID_N)$ corresponde ao risco ambiental total associado à probabilidade da ocorrência poder a verificar-se n vezes por ano e MD_{ID_N} corresponde ao valor da magnitude do dano em €, associado à ocorrência ID_N (J. Levy, 2011).

Deste modo, consegue-se determinar o valor da garantia financeira que o operador responsável pela actividade operacional inserida no Anexo III do diploma de responsabilidade ambiental fica sujeito a formar, procedendo ao somatório da avaliação dos riscos ambientais de cada ocorrência verificada ou vir a ser possível de se verificar (J. Levy, 2011).

$$Garantia\ financeira = \sum_{ID=1}^N \chi_t(ID) \quad , \text{ valor em } \text{€} \quad (8)$$

Tal como referido no capítulo 2.6, a garantia financeira pode ser estabelecida sob a forma de apólice de seguro, constituição de fundos próprios reservados para o efeito, participação em fundos de seguro e por obtenção de garantias bancárias.

Na Figura 27, é possível observar o processo de cálculo do risco total de ocorrência de danos ambientais de uma ETAR. Através do fluxograma da figura, consegue-se estimar o valor da garantia financeira que deverá ser constituída no âmbito da DRA.

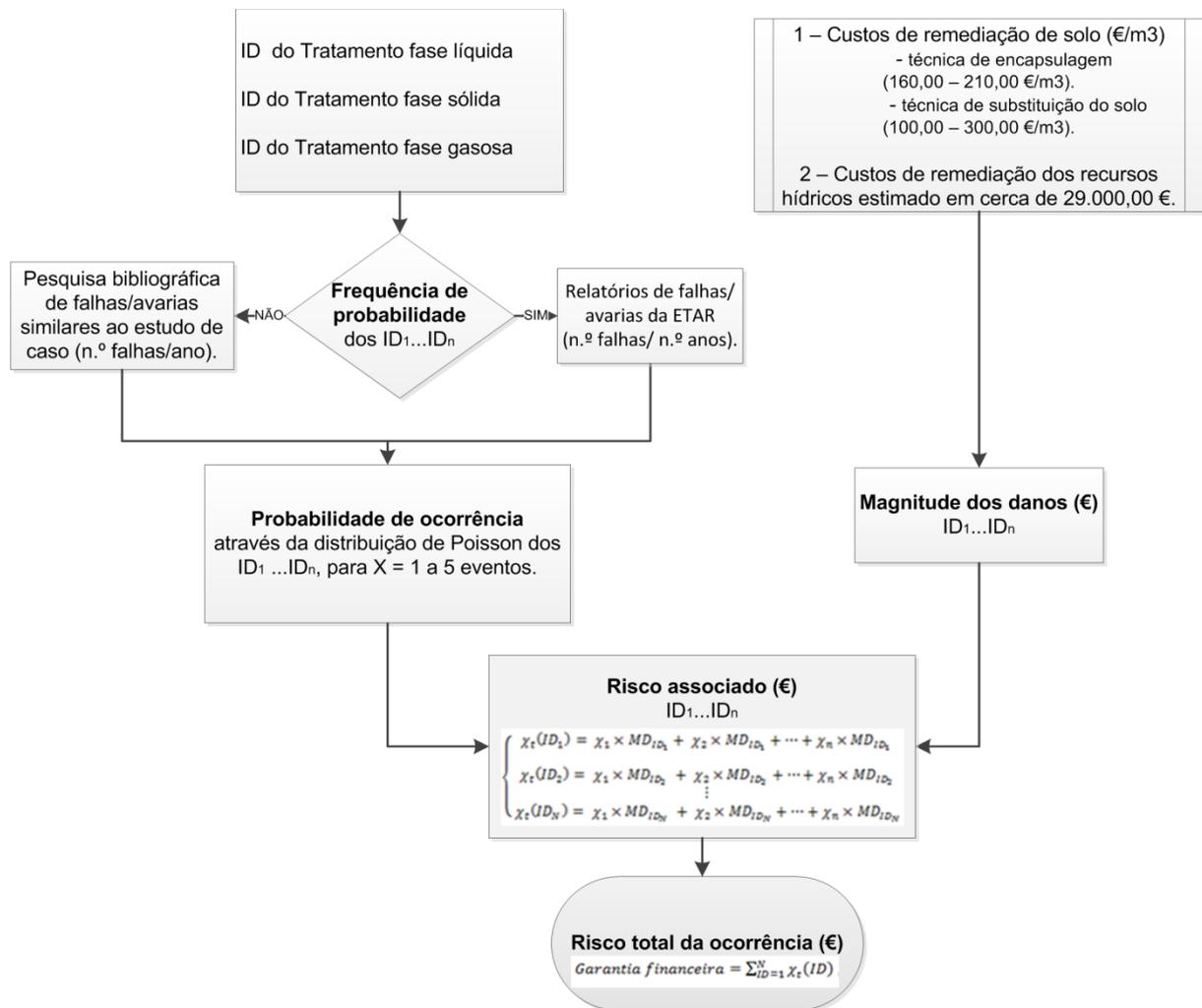


Figura 27 - Fluxograma do conjunto de cálculos efectuados para a obtenção da garantia financeira.

Posteriormente no capítulo 4.6 é abordado a temática do cálculo efectivo dos riscos ambientais identificados para o estudo de caso, através da constituição de garantia financeira por obtenção de uma apólice de seguro.

3.6 Custos/danos ambientais associados

As medidas de reparação a serem aplicadas na sequência de um incidente com efeitos adversos estão a cargo do operador responsável pela ETAR de Beirolas, que deve accionar mecanismos de contenção previstas no âmbito do Plano de Emergência Interno (PEI), dos diversos regimes de licenciamento (licença ambiental, título de utilização de recursos hídricos, etc), da política de gestão ambiental, Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS) ou de outros documentos existentes com procedimentos relevantes no contexto (APA e ISQ, 2011).

O capítulo 3.2.2 aborda a contaminação ao nível do solo e a inexistência de enquadramento legal nacional, sendo frequente o recurso a legislação de outros países nomeadamente do Canadá, o “*Guidelines for use at contaminated sites in Ontário*” e o “*Soil, Groundwater and Sediment Standards*”, de 2011. Este último estabelece critérios genéricos para medidas de reparação a aplicar numa dada área consoante o tipo de utilização do solo, a profundidade da contaminação, qualidade da água subterrânea afectada e textura do solo afectado.

Relativamente à medida de reparação do solo seleccionada na dissertação, optou-se pela técnica de encapsulagem do solo contaminado, isto é, o solo alvo de uma contaminação fica protegido por barreiras verticais e horizontais. As principais vantagens deste método, centram-se sobretudo por ser realizado *In Situ*, não havendo necessidade de transporte do solo para tratamento em outras zonas, ser rápido, aplicável a contaminações muito intensas mas de baixa perigosidade, para além de impedir movimento verticais e horizontais dos contaminantes, como já referido. Um dos inconvenientes é a não destruição dos contaminantes e a perda de funções por parte do solo. Esta técnica de reparação apresenta um custo associado entre 160,00 a 210,00 €/m³. Na hipótese de este processo não apresentar resultados, poderá ter que se proceder à remoção para ser depositado em aterro e executar a substituição deste por um solo trazido doutro local. O custo associado desta medida fixa-se entre 100,00 a 300,00 €/m³ (Varenes, 2011).

No que concerne a medidas de reparação de recursos hídricos superficiais derivado de operações de *bypass* ou de efluentes com características que ultrapassem o limite legislado, importa referir que o local de descarga dos efluentes localiza-se junto aos pilares da ponte Vasco da Gama, numa zona de águas de transição. Os eventos associados a operações de *bypass* ou a descarga de efluentes com características que ultrapassem o valor limite, foram sujeitos a uma uniformização da magnitude do dano, estabelecendo-se um valor correspondente no valor de 29.000,00 €.

No Quadro 8 pode-se observar os custos associados às medidas de reparação dos recursos hídricos superficiais e que serão anexados junto das ocorrências que reflectirem operações de *bypass* e de descarga de efluentes com teores acima do permitido por lei.

Quadro 8 – Custos associados às medidas de reparação dos recursos hídricos superficiais.

	Custos (€)	Duração (dias)	Custo total (€)
Funcionários	1.000,00 (€/mês funcionário)	22	4.000,00 (4 funcionários)
Material necessário (reagentes, tubagens, etc)	5.000,00	-	5.000,00
Limpeza das margens	10.000,00	-	10.000,00
Sistema monitorização	10.000,00	-	10.000,00
			29.000,00

A solução encontrada para determinar os custos inerentes às medidas de reparação em recursos hídricos superficiais tem associado os custos com as espécies e *habitats* naturais protegidos. A área em estudo merece especial atenção devido às espécies animais que se localizam na envolvente do estudo de caso, como irá ser explicado no capítulo 4.3, que procede à caracterização da zona de referência da ETAR de Beirolas. A recuperação de populações piscícolas e de aves após a eliminação ou atenuação de factores que as afectem obtém-se se possível através da aplicação de medidas de reparação primária, ou seja, com reintrodução de espécies. Este vector sofre danos ambientais sempre que os outros serviços ambientais considerados na DRA sejam afectados e seja necessário aplicar medidas de reparação.

No caso de ocorrer danos ambientais e não haver certeza que a actividade tenha sido a responsável, é necessário avaliar a possibilidade de outras actividades terem contribuído para a ocorrência do dano. Nas situações de multicausalidade e na impossibilidade de individualizar o grau de participação de cada um dos responsáveis, presume-se a responsabilidade em partes iguais (Sá, 2011).

4 ESTUDO DE CASO – ETAR DE BEIROLAS

4.1 Caracterização do sistema multimunicipal do Tejo e Trancão

O grupo Águas de Portugal foi constituído em 1993, tendo como prioridade o desenvolvimento dos sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais. Actualmente, o grupo AdP agrupa um conjunto de 40 empresas que, em parceria com os municípios, prestam serviços a cerca de 80% da população portuguesa. No Quadro 9 pode observar-se a o volume de águas residuais tratadas, a população abrangida pelo sistema de saneamento de águas residuais entre os anos de 2008 a 2010.

Quadro 9 - Dados do grupo AdP. Fonte: Adaptado de (AdP, 2011).

	Unidades	2008	2009	2010
Volume de Águas Residuais Tratadas (milhões)	m ³	357,00	392,80	500,20
Saneamento de Águas Residuais – Municípios	n.º	189,00	229,00	230,00
Saneamento de Águas Residuais - População Abrangida (milhões)	n.º	7,28	8,35	8,22

Uma das áreas de negócio do grupo AdP são as águas, em que actua em todas as fases do ciclo urbano da água, agregando a captação, o tratamento e a distribuição de água para consumo público e a recolha, o tratamento e rejeição de águas residuais urbanas e industriais, incluindo a sua reciclagem e reutilização. Segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2009 do grupo AdP, as principais infra-estruturas das actividades de saneamento de águas residuais, colectores de águas residuais e ETAR representam um total de 3.421 km e 624, respectivamente. A estas instalações, acrescem os reservatórios de águas residuais, fossas sépticas colectivas, estruturas de descarga e emissários submarinos.

Quadro 10 - Sectores de actividade do grupo AdP. Fonte: Adaptado de (AdP, 2011).

Sector de actividade AdP	N.º de empresas	
Águas	19	2 - Sistema multimunicipal abastecimento de água
		6 - Saneamento de águas residuais
		11 - Abastecimento de água e saneamento de águas residuais
Resíduos	12	
Energias e outros negócios	9	-

Como se pode observar no Quadro 10, o grupo AdP é constituído por 19 empresas do sector das águas. Destas, 6 são de saneamento de águas residuais: SIMDOURO, SIMRIA, SIMLIS, SANEST, SIMARSUL e SIMTEJO. Relativamente ao estudo de caso, o subsistema de Beirolas integra o Sistema Multimunicipal do Tejo e Trancão, que serve parte dos municípios de Lisboa e Loures.

A SIMTEJO é uma empresa de capitais públicos participada pelo Grupo AdP e pelos Municípios abrangidos na área da concessão, como se pode verificar na Figura 28.

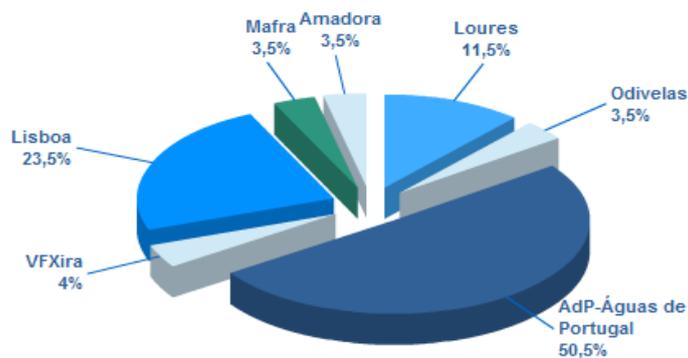


Figura 28 - Estrutura accionista da SIMTEJO. Fonte: SIMTEJO, 2010.

É responsável pela gestão do Sistema Multimunicipal do Tejo e Trancão que abrange os Municípios da Amadora, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas e Vila Franca de Xira (bacia hidrográfica do Tejo e Trancão e Ribeiras do Oeste) (SIMTEJO, 2010). Na Figura 29 pode observar-se a área operada pelo sistema multimunicipal²⁶.

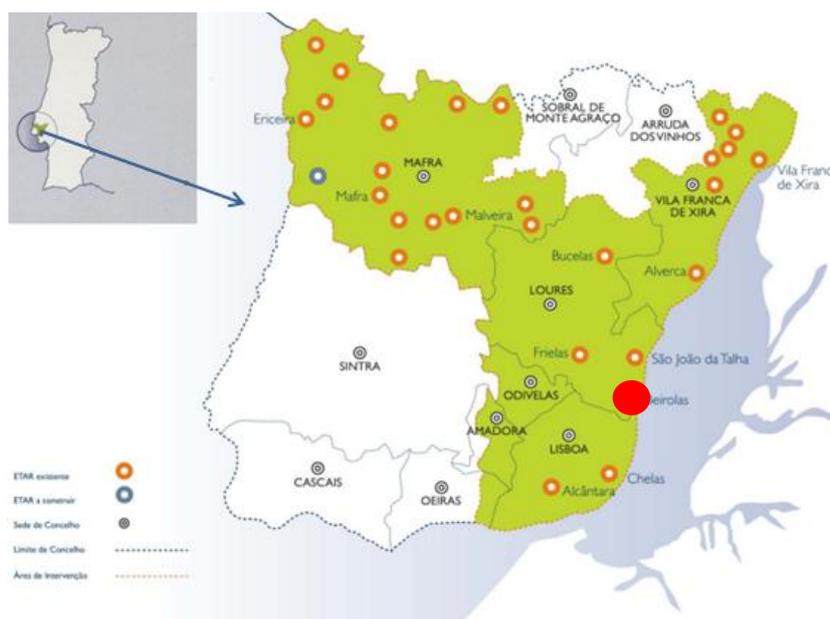


Figura 29 - Sistema Multimunicipal da SIMTEJO (Imagem sem escala). Fonte: SIMTEJO, 2011

Segundo dados da empresa gestora SIMTEJO (2010), o Sistema Multimunicipal do Tejo e Trancão serve uma população total de cerca de 1,5 milhões de habitantes, valor que até ao final da concessão deverá subir para 1,7 milhões de habitantes, o que corresponde a um total de, aproximadamente, 2,0 milhões de habitantes-equivalente.

²⁶Sistemas em “alta”, a montante da distribuição de água, ou a jusante na colecta de esgotos e sistemas de tratamento e valorização de resíduos sólidos urbanos recolhidos em pontos de entrega. Os utilizadores destes sistemas são os municípios (Serrão *et al.*, 2009).

A configuração final do Sistema de Saneamento, a concluir até ao ano de 2013, inclui 32 ETAR, 93 EE e 339 km de Interceptores e Conduatas Elevatórias (SIMTEJO, 2010). Actualmente encontram-se a operar 28 ETAR, 60 EE e 220 km de Interceptores e Conduatas Elevatórias.

4.2 Subsistema de Beirolas

O subsistema de Beirolas integra, actualmente, 1 ETAR, 8 EE e 10 km de interceptores e conduatas elevatórias, estando previsto que até 2013 entrem em operação as restantes infra-estruturas previstas na configuração do subsistema.

A ETAR de Beirolas iniciou o processo de funcionamento em finais de 1989, com tratamento primário e secundário por lamas activadas. Em meados de 1995, foi lançado um concurso tendo em vista a ampliação da estação de tratamento, de forma a permitir a reutilização do efluente tratado em actividades de rega, aproveitamento de biogás derivado da digestão anaeróbia das lamas produzidas e posterior valorização agrícola.

O projecto de ampliação, elaborado foi implementado entre o ano de 1998 e 2000, tendo sido planeado um horizonte de projecto de 20 anos, com capacidade para 215.000 hab.eq. e um caudal de dimensionamento processual de, 54.500 m³ de águas residuais, de modo a absorver o aumento de cargas e caudais estimado. A ETAR serve a zona oriental do município de Lisboa e parte do de Loures, recebendo afluentes das freguesias de Marvila, Santa Maria dos Olivais, Moscavide, Portela, Sacavém, Prior Velho, Apelação, Camarate e Unhos.

Para além das águas residuais urbanas recebidas, a ETAR também admite efluentes provenientes de actividades industriais instaladas no município de Loures, correspondendo a 60% do efluente total (Figueiredo, n.d). Um factor importante para efeitos de dimensionamento recai sobre a população flutuante e conseqüente caudal oscilatório.

Segundo os responsáveis técnicos da ETAR de Beirolas e como se pode verificar no Quadro 11, o caudal médio diário no Verão é significativamente inferior relativamente ao período de Inverno.

Quadro 11 – Características globais das águas residuais da ETAR de Beirolas e da legislação.

Caudais	Parâmetro	Unidade	Projecto ETAR	Exploração ETAR	DL n.º 152/97 ARU		DL n.º 236/98
					Zonas não sensíveis	Zonas sensíveis	
	Q _{Ponta}	m ³ /h	4600	4800	-	-	-
Q _{médio diário (Verão)}	m ³ /d	54500	43000	-	-	-	
Q _{médio diário (Inverno)}	m ³ /d		57000	-	-	-	
Concentrações	Parâmetro	Unidade	Projecto ETAR (afluente)	Exploração ETAR (efluente)	DL n.º 152/97 ARU		DL n.º 236/98
					Zonas não sensíveis	Zonas sensíveis	
	CQO	mg O ₂ /l	650 - 1250	125	125		150
	CBO ₅	mg O ₂ /l	260 - 500	25	25		40
	SST	mg/l	550 - 2700	35	35		60
	P _{total}	mg/l P	10 - 15	10	-	2	10
	N _{total}	mg/l N	50 - 65	15	-	15	15
C _{fecais}	NMP/100 ml	2 × 10 ⁷	2 × 10 ²	-	-	1 × 10 ²	

A ETAR de Beirolas localiza-se no Parque das Nações, junto à ponte Vasco da Gama, na freguesia de Sacavém do município de Loures. Dista cerca de 350 m em linha recta do rio Tejo, que constitui o meio receptor para as águas residuais tratadas provenientes da ETAR de Beirolas. De referir que a estação de tratamento apresenta cerca de 7,3 hectares de área e que as zonas não ocupadas pelos edifícios administrativos e órgãos de tratamento, são áreas relvadas.

4.3 Descrição da situação ambiental de referência

Tendo em atenção as características da presente dissertação, procede-se em seguida a uma caracterização dos principais elementos do ambiente da área de implementação e influência da ETAR de Beirolas.

O **clima** da área em estudo é tipicamente temperado mediterrânico, onde os Invernos são caracterizados por temperaturas amenas, devido às correntes marítimas quentes e os Verões por temperaturas quentes e secos.

No que respeita à **geomorfologia, geologia e hidrogeologia**, toda a zona ocupada pela ETAR de Beirolas encontra-se na área aluvial do rio Tejo, caracterizando-se fundamentalmente pela ocorrência de três unidades distintas: o substrato Miocénico e Plio-Pleistoceno, a profundidade variável; a formação aluvionar, predominantemente lodosa associada à componente fluvial do rio Tejo, com o seu topo situado sensivelmente à cota +0 m; e uma camada de aterros artificiais, depositada entre a década de 70 e 80, com uma espessura da ordem dos 4 m, em média, na expansão Este, embora diminuindo para Este até se anular no rio (Santayana, 1998).

Relativamente à hidrogeologia, a área da ETAR de Beirolas situa-se na sua totalidade no designado Sistema Aquífero Indiferenciado, mais propriamente no designado Sistema Aquífero da Orla Ocidental indiferenciado da bacia do Tejo.

Durante a fase de exploração é possível, ainda que muito improvável, a ocorrência de fissuras e eventualmente uma ruptura acidental nas estruturas da ETAR, o que poderá originar a contaminação das águas subterrâneas, embora o impacte expectável seja pouco significativo, uma vez que deverão existir acções regulares de inspecção e manutenção das referidas estruturas.

No âmbito do **ordenamento do território**, os instrumentos em vigor da área em estudo são: Plano Director Municipal de Loures, ratificado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 149/2001, de 8 de Outubro de 2001, e alterado na Declaração n.º 55/2003 (2ª série) (C.M.Loures, n.d.); Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 18/2001, de 7 de Dezembro e rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 21-E/2001, de 31 de Dezembro. Neste contexto encontram-se ainda em fase de elaboração o Plano Especial do Estuário do Tejo e o Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo.

A área envolvente à ocupada pela ETAR de Beirolas, como se pode verificar na Figura 39 (ANEXO III) encontra-se classificada no Plano Director Municipal de Loures como “Verde Urbano Equipado”, estando também muito próximo de zonas “Habitacionais de Média Densidade”.

Segundo o PDM de Loures e como se pode verificar na Figura 40 do mesmo anexo, a ETAR de Beirolas encontra-se próxima de uma área classificada com Reserva Ecológica Nacional (REN), cuja função principal é a protecção dos recursos hídricos.

Relativamente aos **recursos hídricos superficiais e subterrâneos**, a ETAR de Beirolas situa-se na bacia hidrográfica do Tejo, especificamente na sub-bacia do rio Trancão, na margem direita do rio Tejo, a 350 m em linha recta do rio Tejo e a cerca de 25 km a montante do Oceano Atlântico, que corresponde ao ponto mais largo, atingindo cerca de 23 km de largura.

De acordo com o PDM do município e com o Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo, a área onde se encontra localizada a ETAR não apresenta riscos de sofrer inundações.

O rio Tejo apresenta um caudal em regime natural que ronda os 600 m³/s, havendo possibilidade de se verificar elevadas variações mensais em situação de cheia. O tempo de residência da água doce no estuário varia entre 6 a 65 dias para descargas de 2.200 e 100 m³/s, respectivamente, dependente da estação do ano, de variações inter-anuais e da regularização com Espanha, tendo sido em situações de cheias, registados valores de 14.000 m³/s (Fernandes, 2005; ICNB, 2002).

Relativamente à zona de descarga dos efluentes tratados pela ETAR, esta localiza-se no rio Tejo. Além dos efluentes que recebe da ETAR de Beirolas, recebe também efluentes provenientes da ETAR de Frielas e de S. João da Talha, que descarregam no rio Trancão, afluente do rio Tejo. Segundo os responsáveis da ETAR e da Administração da Região Hidrográfica do Tejo (ARH do Tejo), a ETAR de Beirolas pode descarregar 68.256 m³/dia. Verifica-se desta forma que o caudal descarregado não terá um agravamento significativo quantitativamente em casos de ocorrência de cheias a jusante da zona de descarga, sendo no entanto necessário não desprezar a influência ao nível qualitativo.

Este afluente do Tejo é infelizmente célebre por descargas poluentes efectuadas por fábricas dispostas em ambas as margens. A reabilitação tem sido levada a cabo desde a organização da EXPO 98 mas possíveis descargas de efluentes com valores acima dos valores legislado terão de ser levadas em consideração pois poderão ter influência na qualidade apresentada dos recursos hídricos no local de descarga dos efluentes tratados pela ETAR de Beirolas.

Em relação à **flora, vegetação e fauna**, a ETAR em estudo não integra nenhuma área classificada, no entanto e como já foi referido, e com recurso ao PDM do município, constata-se a proximidade de uma zona REN de aproximadamente 90 ha de área, que corresponde ao “Parque do Tejo”, construído na final da década de 1990, por ocasião da EXPO 98. Localiza-se entre o Parque das Nações e a foz do rio Trancão, ao longo do rio Tejo.

Para além desta, a estação de tratamento encontra-se próxima da Reserva Natural do Estuário do Tejo, também designada por RNET, criada através do Decreto-Lei n.º 565/76, de 19 de Julho, que marca a emergência pública em Portugal das preocupações ambientais (DHV, 2011), tendo sido também atribuídos diversos estatutos de conservação internacionais em virtude da importância dos seus valores naturais.

Assim, a nível comunitário, a RNET foi parte integrante da Zona de Protecção Especial (ZPE), ao abrigo da Directiva Aves e está incluída na Lista Nacional de Sítios com o código PT COM 0009, ao abrigo da Directiva Habitats. Juntamente a estes estatutos, a RNET foi também incorporada na lista

de Áreas Importantes para as Aves (BirdLife_International, 2001) e na Rede de Biótipos CORINE – C21000009.

No que respeita à fauna e flora presente na periferia do caso de estudo e recorrendo a pesquisa bibliográfica permitiu a inventariar um total de 25 espécies que poderão ser vistas no Parque do Tejo e uma lista com 114 espécies de macroinvertebrados bentónicos identificados na zona intertidal²⁷ nas épocas de Verão e Outono na zona do Parque das Nações e que se considera relevante para o presente estudo (IO/FCUL, 2009).

Em relação à Zona de Protecção Especial (ZPE) do estuário do Tejo e recorrendo a informação bibliográfica foi inventariada um total de 42 espécies de vertebrados, como se pode verificar no Quadro 21 (ANEXO IV).

4.4 Processo de tratamento da ETAR de Beirolas

4.4.1 Remodelação do processo de tratamento da ETAR

O processo de tratamento de águas residuais que afluem a uma estação de tratamento apresenta duas fases distintas, que correspondem ao tratamento da fase líquida e da fase sólida. A fase líquida tem como objectivo tratar água residual afluyente, de modo a cumprir com as exigências estabelecidas na licença de descarga para o meio receptor, enquanto a fase sólida do tratamento tem o objectivo de efectuar um tratamento adequado aos sólidos retirados da fase líquida do processo. A estas duas fases referidas, poderá ser essencial que a ETAR esteja equipada com um sistema de tratamento de odores resultantes da degradação da matéria orgânica existente nas águas residuais, que é removida ao longo do processo, caso haja população nas proximidades da estação.

A ETAR de Beirolas entrou em pleno funcionamento em 1989 com tratamento secundário por lamas activadas, tentando garantir que os efluentes tratados e descarregados respeitem os requisitos impostos na legislação específica, e consequentemente assegurar qualidade à vida aquática e aos recursos naturais do estuário do Tejo. No entanto, o tratamento efectuado na ETAR de Beirolas foi alvo de um processo de remodelação, derivado de critérios mais rigorosos exigidos pelo regime legal. O processo de ampliação decorrido entre 1998 e 2000 integrou novos processos de tratamento passando a efectuar tratamento terciário com desinfecção final e aproveitamento energético do biogás produzido na digestão anaeróbia. No Quadro 12 é possível visualizar os órgãos e/ou equipamentos antes e após os trabalhos de melhoramento.

²⁷ Zona Intertidal é a designação dada nos ambientes marinhos à zona do substrato litoral que fica exposta ao ar apenas durante a maré-baixa, ficando submersa com a subida da maré, ou seja, é a zona compreendida entre as linhas de máxima preia-mar e mínima baixa-mar, tendo os organismos que povoam estes locais grande capacidade de resistência à alternância das condições.

Quadro 12 - Processo de tratamento da ETAR de Beirolas. Fonte: (Sousa, 2001).

ETAR de Beirolas				
		Processo de tratamento de 1989 a 2000	Processo de tratamento desde Maio de 2000 – após remodelação	
Fase Líquida	Pré-Tratamento	Elevação de Caudal		
		Separação de Flutuantes		
		Desarenamento/Desengorduramento		
	Tratamento Primário	Decantação Primária		
		-	Equalização	
	Tratamento Secundário	Reactores Biológicos - arejamento superficial	Reactores Biológicos – Lamas activadas (Nitrificação/Desnitrificação)	
		Decantação Secundária – 2 decantadores	Decantação Secundária – 3 decantadores	
		Recirculação de Lamas		
		-	Desodorização	
		Reutilização da água para o processo	-	
	Tratamento Terciário	-		Filtração – areia + antracite
				Desinfecção UV
				Reutilização de água – rega + lavagens

ETAR de Beirolas					
		Processo de tratamento de 1989 a 2000	Processo de tratamento desde Maio de 2000 – após remodelação		
Fase Sólida	Tratamento de Lamas	Espessamento de Lamas			
		Flotação de Lamas			
Fase Sólida	Tratamento de Lamas	Pressurização e mistura de lamas			
		Desidratação e estabilização de lamas			
		-	Digestão das lamas		
Fase Gasosa	Linha de Biogás	-	Produção de Biogás		
		-	Co-geração – Produção de energia		
	Tratamento de Ar	-		Desodorização	Edifício Gradagem
					Edifício remoção óleos, gorduras e areias
				Tanques de espessamento, flotação	
				Edifício de desidratação de lamas	

(continuação)

O processo de tratamento realizado na ETAR de Beirolas engloba o tratamento da fase líquida, da fase sólida e da gasosa, existindo diferentes tecnologias que se podem aplicar em cada etapa do tratamento de depuração das águas residuais afluentes.

Em seguida é apresentado o processo de tratamento do estudo de caso efectua antes de proceder à descarga dos efluentes tratados no meio receptor. Importa referir que o processo descrito contempla já a ampliação executada entre 1998 e 2000, o qual a presente dissertação irá incidir.

4.4.2 Fase Líquida

a) Pré-Tratamento

A fase de pré-tratamento consiste em processos físicos, que visam sobretudo à remoção de areias e sólidos de maiores dimensões presentes nas águas residuais brutas. Esta etapa, na ETAR de Beirolas é formada pela bacia de entrada, gradagem, uma elevação dos efluentes e por uma operação de desarenamento/desengorduramento. A Figura 30 indica a localização da etapa de pré-tratamento no recinto da ETAR de Beirolas.



Figura 30 – Localização do pré-tratamento da ETAR de Beirolas.

Na Bacia de Entrada são recebidos efluentes provenientes dos municípios de Lisboa e Loures, sendo retirados sólidos grosseiros. De seguida o afluente é encaminhado para a gradagem, onde através de uma grade são removidos materiais susceptíveis de provocar dificuldades ao nível da manutenção a equipamentos mecânicos, tais como bombas, tubagens, filtros, entre outros. Após a gradagem, os efluentes são elevados para 2 separadores de areias e flutuantes, por intermédio de 3 parafusos de Arquimedes, com o máximo unitário de 539 l/s (1940 m³/h) (Sousa, 2001).

A operação seguinte, desarenamento/desengorduramento tem como principal função a remoção de areias, de óleos e gorduras presentes nas águas residuais afluentes. As areias são removidas através de um processo de sedimentação, em que granulometrias superiores a 200 µ depositam-se no fundo do órgão devido a uma velocidade de sedimentação superior à velocidade de escoamento.

A separação das gorduras e óleos é conseguida através de um mecanismo de insuflação de ar existente nos separadores, promovendo o arrastamento das gorduras e óleos para a superfície devido às suas menores densidades que a água, sendo posteriormente removidas por um raspador de superfície.

Após a remoção, as areias são encaminhadas para o lavador de areias e descarregadas em contentores, retornando a água de lavagem das areias até ao início do processo de tratamento. As gorduras e óleos colectados na caleira são conduzidos por bombagem para um separador de flutuantes. Os efluentes resultantes do separador, tal como a água de lavagem das areias, são encaminhados para a bacia de entrada da ETAR.

A eliminação de grande parte das gorduras e óleos que inicialmente as águas residuais urbanas possuem, permite um melhoramento do funcionamento dos processos a jusante da operação de desarenamento/desengorduramento, evitando fenómenos de *bulking* no tratamento secundário, derivado de problemas de colmatação e de fermentação.

Os separadores de areias e flutuantes podem ser isolados por actuação de comportas existentes a montante e a jusante de cada um dos órgãos. Nestas circunstâncias o caudal afluente é desviado para um canal de *bypass*, localizado entre os dois separadores afluindo directamente aos decantadores primários (Sousa, 2001).

Os órgãos que compõem o processo de pré-tratamento localizam-se no interior de um edifício equipado com um circuito de tubagens que transportam qualquer derrame ou outra operação de lavagem que possa ocorrer no local.

b) Tratamento Primário

O tratamento primário é das operações unitárias mais utilizadas no tratamento de águas residuais. É um processo físico-químico efectuado ao efluente proveniente do processo anterior da ETAR e tem como objectivo reduzir a Carência Química de Oxigénio (CQO) e a Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias (CBO₅) em cerca de 30% e reduzir as cargas em Sólidos Suspensos (SS) aproximadamente 60%. Para que se consiga níveis de eficiência superiores de remoção, é necessário a adição de coagulantes e floculantes. Relativamente à ETAR, o tratamento primário é constituído por decantação primária seguido de um sistema de equalização, como se pode verificar na Figura 31.



Figura 31 – Localização do tratamento primário da ETAR de Beirolas.

A ETAR de Beirolas possui dois decantadores primários de secção circular, com um diâmetro de 32m providos com ponte raspadora de fundo e de superfície. O efluente primário decantado é encaminhado graviticamente para o tanque de equalização e as lamas recolhidas dos decantadores primários são conduzidas para o espessador de lamas primárias.

Após a decantação primária o efluente é conduzido por gravidade para o tanque de equalização, dimensionado para suportar um volume de 10.230 m³, correspondente a um tempo de retenção de cerca de 4 h.

Como já mencionado, as águas residuais que convergem à ETAR de Beirolas são de origem doméstica e industrial. Desta forma, o tanque tem a função de equalizar os caudais afluentes ao tratamento biológico devido à grande variação de caudais afluentes à ETAR e homogeneizar as cargas poluentes de origem industrial, diminuindo assim o impacto das cargas no tratamento biológico. De seguida, o efluente equalizado é elevado, afluindo em seguida por gravidade e através de uma bombagem, para uma câmara de repartição de caudais situada entre os reactores biológicos, a partir da qual é distribuído igualmente pelos dois canais de alimentação daqueles órgãos.

c) Tratamento Secundário/Biológico

Após o afluente bruto ter passado pelo pré-tratamento e tratamento primário, as águas residuais são encaminhadas para o tratamento secundário. Esta fase de depuração do efluente primário é um processo que envolve tratamento biológico seguido de decantação. A redução de cargas de SST, CQO e CBO₅ (90%, 75%, 70%) é conseguida pela grande variedade de microrganismos consumidores de matéria orgânica, azoto e fósforo para o seu crescimento. Relativamente ao tratamento secundário da ETAR de Beirolas, pode-se observar na Figura 32 que o processo é formado por dois reactores biológicos e três decantadores secundários.



Figura 32 – Localização do tratamento secundário da ETAR de Beirolas.

Os reactores biológicos estão repartidos em três zonas distintas, que apresentam diferentes finalidades no tratamento secundário. Desta forma o processo de remoção biológica de N do efluente que aflui à ETAR contempla uma zona anaeróbia, anóxica e aeróbia, com o objectivo de obter concentrações de N e P inferiores aos valores descritos na legislação, tal como se pode observar no Quadro 11.

Como referido, a ETAR de Beirolas recebe efluentes domésticos e industriais, sendo que os efluentes provenientes das indústrias promovem o desenvolvimento excessivo de organismos filamentosos, responsáveis por fenómenos de *bulking*. A zona anaeróbia tem a finalidade de remover o CQO solúvel, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos que resultem em lamas de boa sedimentabilidade.

Na zona anóxica é retirado os nitratos provenientes da zona aeróbia promovendo a desnitrificação dos efluentes. Tal como na zona anaeróbia, a zona anóxica também é constituída por duas células em série. A oxidação da restante CQO que ainda existe no efluente é removida nas quatro células aeróbias, dispostas em série. No processo aeróbio é fornecido ar através de um sistema de injeção de bolhas finas. De realçar que as três zonas que constituem os reactores biológicos estão separados por orifícios e paredes divisórias.

A estação de tratamento encontra-se apetrechada com três decantadores secundários com 42 m de diâmetro e 3,6 m de altura. Todos os órgãos estão equipados com pontes raspadoras de sucção hidrostática de lamas, sendo posteriormente recirculadas as lamas recolhidas do decantador que foi construído durante a remodelação da ETAR.

A estação elevatória de recirculação de lamas existente está equipada com três parafusos de Arquimedes, com caudal máximo unitário de 1.140 m³/h. Verifica-se, assim que o funcionamento simultâneo de dois parafusos assegurará o caudal de recirculação necessário. O funcionamento dos 4 parafusos garante um caudal de 3.420 m³/h, corresponde a uma taxa de recirculação de 150%.

d) Tratamento Terciário/Afinação

O tratamento terciário ou de afinação é um processo complementar às etapas anteriores, efectuado antes do lançamento final no meio receptor onde se procede à desinfecção das águas residuais tratadas nos processos anteriores. A desinfecção visa a remoção de organismos patogénicos ou em casos específicos à remoção de N e P, por forma a compatibilizar a descarga das águas residuais urbanas tratadas com os critérios de qualidade exigidos pelo meio receptor.

Como se pode observar pela Figura 33, a ETAR de Beirolas utiliza dois processos de afinação dos efluentes provenientes do tratamento biológico: filtração e desinfecção por UV.



Figura 33 – Localização do tratamento de afinação da ETAR de Beirolas.

A estação está equipada com três filtros rápidos de areia e antracite, de funcionamento contínuo com lavagem automática, que recebem graviticamente os efluentes secundários. Cada filtro dispõe de uma caleira de alimentação, munida de comporta que permite a sua saída de serviço em caso de necessidade. Cada caleira contém um descarregador de emergência, que permite uma descarga dos caudais excedentários, evitando uma eventual inundação do filtro. (Sousa, 2001). O caudal excedente, juntamente com o filtrado são encaminhados para o tratamento de desinfecção por UV. Por outro lado, as águas de lavagem dos filtros são conduzidas por um colector até à bacia de entrada da ETAR a fim de serem tratadas.

O processo de desinfecção por UV instalado na estação de ETAR de Beirolas utiliza lâmpadas de alta intensidade, com o objectivo de obter concentrações de SST e de coliformes fecais que não ultrapassem o valor estipulado na legislação.

Os efluentes tratados são armazenados numa cisterna para reutilização em rega de espaços verdes no recinto da ETAR, externos à estação e para fins de 2.^a linha (Figueiredo, n.d).

4.4.3 Fase Sólida

a) *Tratamento de Lamas*

A problemática da gestão de lamas originárias das ETAR municipais tem vindo a agravar-se ao longo dos anos, sendo um assunto de extrema importância. As lamas de ETAR produzidas na fase líquida do processo de tratamento das águas residuais têm tido um acréscimo constante, sendo uma grande preocupação para os responsáveis técnicos das instalações de tratamento.

O crescente nível de exigência de tratamento das águas residuais provoca um aumento significativo da produção de lamas, com o conseqüente crescimento dos custos associados ao seu tratamento, transporte e destino final. Na Figura 34 pode observar-se a localização dos órgãos e equipamentos relativo ao tratamento de lamas que da ETAR.



Figura 34 - Localização do Tratamento de Lamas na ETAR de Beirolas.

Tanto as lamas primárias como as lamas secundárias apresentam elevados teores de humidade, 91 – 95% e 98,5 – 99,5%, respectivamente (Metcalf e Eddy, 2003). Para aumentar a concentração de sólidos das lamas através da redução da sua fracção líquida, as lamas recolhidas no decantador primário são encaminhadas para o espessador gravítico e as lamas resultantes do tratamento biológico são conduzidas até ao flotador. Em ambos processos unitários há formação de escorrências que voltam ao início do processo de tratamento, bacia de entrada.

Posteriormente, as lamas flotadas e espessadas são misturadas e enviadas para os digestores anaeróbios em regime mesofílico onde são digeridas. A digestão anaeróbia é o processo preferencialmente utilizado para a estabilização biológica das lamas e, tem como principal vantagem a reduzida percentagem de matéria orgânica que é convertida em novas células, gerando uma menor quantidade de lamas. Grande parte da matéria orgânica é convertida em biogás (CO_2 e CH_4), que é valorizado energeticamente (Spellman, 2000).

Na saída do digestor, as lamas ainda apresentam teor de humidade, sendo necessário proceder-se à desidratação destas por intermédio de filtros de bandas. Este processo físico promove uma considerável redução de volume de lamas, que permite obter uma lama com um teor de matéria seca de aproximadamente 20% (Metcalf e Eddy, 2003). A humidade que é extraída às lamas é encaminhada para a bacia de entrada e é adicionado cal às lamas desidratadas para as estabilizar por via química, sendo depois armazenadas em silos para serem transportadas para aterro ou para valorização agrícola.

No caso específico da ETAR de Beiroas, as lamas produzidas no processo de depuração dos efluentes, são valorizadas e aplicadas na agricultura, sendo desta forma necessário ter atenção à possibilidade de estas excederem o limite estipulado no Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro.

4.4.4 Fase Gasosa

a) Linha de Biogás

Na sua operação, a ETAR de Beiroas apresenta necessidades energéticas correspondentes ao calor utilizado no tratamento de lamas e à electricidade consumida em múltiplos processos internos. Estas necessidades são fornecidas pela produção de biogás que apresenta geralmente boas perspectivas de utilização em equipamentos de conversão energética, tais como, caldeiras para produção de água quente e/ou de vapor e para produção de electricidade.

Como foi referido no capítulo 3.3, apesar do item da valorização energética ter sido retirado da lista de acções passíveis de causar impactes ambientais na fase de exploração de uma ETAR, no âmbito da responsabilidade ambiental, este foi contabilizado na lista de riscos ambientais identificados na ETAR de Beiroas, visto que o gasómetro se encontra próximo de órgãos de tratamento e na hipótese de ocorrer uma explosão, pode causar sérios danos na estrutura de órgãos de tratamento adjacentes.

Geralmente, o biogás proveniente de ETAR é constituído em média por 60% de CH_4 e 40% de CO_2 . Outros gases, como o N_2 e o H_2S , estão também presentes na mistura, embora em quantidades reduzidas ou mesmo vestigiais (AGENEAL, 2010). A produção de biogás é variável, dependendo de um conjunto de factores, nomeadamente da carga afluente à estação de tratamento que influencia o caudal de lamas a digerir. Outros factores que afectam a produção são o tempo de retenção, a temperatura do processo e mistura adequada. Uma vantagem resultante da combustão do biogás é a possibilidade de eliminar o CH_4 , que é um dos gases que contribui para o efeito de estufa (AGENEAL, 2010).

Na Figura 35 pode observar-se a localização do gasómetro e das instalações de produção de energia eléctrica que tem como objectivo fornecer energia para aquecer as lamas em digestão e energia que será consumida na própria ETAR de Beirolas.



Figura 35 - Localização da Linha de Biogás na ETAR de Beirolas.

A valorização energética do biogás representa uma mais-valia do processo de estabilização anaeróbia. No entanto, a sua utilização requer medidas de limpeza para que, este apresente:

- Uma qualidade compatível com as exigências mínimas dos equipamentos de valorização de biogás;
- Um poder calorífico superior ao do biogás inicialmente produzido no digestor anaeróbio;
- Uma qualidade equivalente à do gás natural

A depuração do biogás requer a remoção de vapor de água, de CO_2 , H_2S , mercaptanos e siloxanos. A estação possui um purificador que permite a limpeza de H_2S na composição do biogás, evitando a corrosão dos equipamentos. Geralmente, à saída do digestor, o biogás apresenta-se saturado em vapor de água que ao entrar em contacto com superfícies frias, pode condensar e obstruir as canalizações.

A produção de biogás em ETAR sofre oscilações ao longo do dia que dependem da carga orgânica afluyente. Desta forma, o gasómetro promove o seu armazenamento temporário, equalizando o fluxo de biogás fornecido aos sistemas utilizadores, evitando a sua queima em períodos que as instalações necessitem de menor energia eléctrica em relação à quantidade de biogás produzido. Outra função do gasómetro é a capacidade de homogeneização da qualidade do biogás que chega posteriormente aos sistemas utilizadores.

Como referido, o biogás produzido na ETAR de Beirolas é aproveitado para produção de energia eléctrica e térmica, por queima em dois grupos de cogeração, sendo a potência eléctrica recuperada de 226kW, para consumo na ETAR de Beirolas e a térmica de 540kW, para aquecimento das lamas em Beirolas (Figueiredo, n.d).

b) Sistema de Desodorização

A remodelação de 1998-2000 permitiu equipar a ETAR de Beirolas com um sistema de desodorização por lavagem química em dois *scrubbers*, colocados em série, onde se promove o contacto entre o ar e os reagentes, de modo a remover gases responsáveis por odores desagradáveis que afectavam a população existente em redor da ETAR. Na Figura 36 é possível verificar a localização do sistema de desodorização nas instalações da estação de tratamento.



Figura 36 - Localização do Sistema de Desodorização na ETAR de Beirolas.

4.4.5 Resíduos do processo de tratamento

Segundo o relatório de Sustentabilidade de 2009, a SIMTEJO implementou um plano de gestão integrado de resíduos através do registo no SIRAPA, de obrigatoriedade legal. A ETAR de Beirolas produz resíduos inerentes ao processo de depuração das águas residuais afluentes, que são encaminhados para o Ecocentro correspondente que se encontra localizado no interior do recinto das instalações da estação de tratamento.

Os principais resíduos produzidos durante o processo de tratamento da ETAR de Beirolas (Quadro 13), são os gradados, as areias resultantes da limpeza dos desarenadores, as misturas de gorduras e óleos removidos nos desengorduradores, as lamas extraídas dos decantadores primários e secundários, as lâmpadas UV e os óleos utilizados na lubrificação de equipamentos mecânicos. Os resíduos mencionados encontram-se definidos na Lista Europeia de Resíduos, directamente aplicado na ordem jurídica nacional através da Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. Desta forma, todos os resíduos produzidos por actividades económicas estão classificados segundo o código LER²⁸ e posteriores operações classificadas de eliminação ou de valorização (Quadro 13).

²⁸ LER – A Lista Europeia Resíduos foi transposta para o Direito Nacional através da Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Quadro 13 - Classificação dos resíduos produzidos na ETAR de Beirolas.

LER	Designação	Quantidade anual (ton)	Operação de eliminação	Operação de valorização	Destino
19 08 01	Gradados	176	D1	-	Aterro sanitário
19 08 02	Resíduos do desarenamento	418	D1	-	Aterro sanitário
19 08 05	Lamas do tratamento de águas residuais urbanas	9714	D1	R1, R10	Valorização agrícola
19 08 09	Mistura de gorduras e óleos contendo apenas óleos e gorduras alimentares	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
19 08 99	Outros resíduos não anteriormente especificados (ex: lâmpadas UV)	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
13 02	Óleos de motores, transmissões e lubrificação	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.

4.5 Identificação dos riscos ambientais da ETAR de Beirolas

4.5.1 Riscos Ambientais no Pré-Tratamento

As ocorrências identificadas no Quadro 14 que podem originar derrames na laje do edifício não serão contabilizadas no cálculo da garantia financeira. As ocorrências contabilizadas na etapa de pré-tratamento apenas dizem respeito a situações que possam provocar operações de *bypass* para o meio receptor ou que produzam perturbações nos processos de tratamento a jusante e consequentemente efluentes com parâmetros acima do permitido pela legislação sobre descargas de efluentes de ETAR. Tal como referido no capítulo 3.5, só será considerado eventos que tiverem repercussões ambientais com danos significativos e adversos.

Devido à ausência de dados sobre falhas de equipamentos que compõem a ETAR do estudo de caso, as frequências anuais que se pode observar no Quadro 14 e que se encontram no Quadro 20 do Anexo II são o resultado de uma pesquisa bibliográfica efectuada, sendo assim possível determinar o valor do risco ambiental de cada ID de ocorrência da etapa de pré-tratamento.

Para determinar o valor da magnitude do dano em situações de ocorrência de *bypass*, foi estabelecido um valor de magnitude no valor de 29.000,00 € que corresponde aos trabalhos de limpeza e reparação das margens que podem ter sofrido, que se pode observar no Quadro 8. A este valor está incluído a implementação de um sistema de monitorização das águas superficiais com vista a avaliar a evolução dos trabalhos de reparação e caracterizar a evolução da qualidade da água ao longo do curso.

Desta forma, consegue-se identificar um valor económico para ocorrências que seja necessário procede-se a operações de *bypass*. Tal como as operações de *bypass*, as ocorrências que possam produzir efluentes que não correspondem aos parâmetros legais (ID 10, ID 11, ID 13), também foi estipulado o mesmo valor de magnitude de dano.

Quadro 14 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de pré-tratamento do estudo de caso.

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
1	Bacia de entrada	Armazenagem dos gradados.	-	-	-	Pavimento das instalações de pré-tratamento impermeável	Não ocorre contaminação	-
2		Operação de <i>bypass</i> a montante das grades devido caudais excedentários.	5,00E-02 (1 vez em 20anos)	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
3	Gradagem	Operação de <i>bypass</i> a jusante das grades devido caudais excedentários.	5,00E-02 (1 vez em 20anos)	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	
4		Operação de <i>bypass</i> devido a avaria do gerador dos 3 parafusos de Arquimedes que elevam o caudal para desarenamento/desengorduramento.	6,72E-04	-		Manutenção regular dos equipamentos		
5		Operação de <i>bypass</i> devido a paragem dos parafusos de Arquimedes devido a falha do sistema de controlo do nível de líquido na câmara de alimentação.	1,22E-02	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	
6		Produção de gás sulfídrico e outros compostos voláteis de forte odor.	-	-	-	Zona de pré-tratamento totalmente coberta	Não ocorre contaminação	

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
7	Desarenamento	Ruptura das tubagens que transportam as águas de lavagem das areias, que retornam ao início do processo.	1,75E-03	-	-	Pavimento das instalações de pré-tratamento impermeável	-	-
8		Avaria do detector de caudal na compressão de cada linha de extracção de areias, de forma a detectar o entupimento das bombas.	1,30E-03	-	-	-	-	Pavimento das instalações de pré-tratamento impermeável
9		Operação de <i>bypass</i> devido a descarga das águas de lavagem de areias.	5,00E-02 (1 vez em 20anos)	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
10	Desengorduramento	Juntas - avaria dos sistemas difusores de ar que ajuda na destruição da camada orgânica e decanta as areias, desta forma pode ocorrer abrasividade dos equipamentos mecânicos (ruptura das bombas, tubagens) a jusante.	4,38E-03	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do solo (pouco provável). Probabilidade de a qualidade do efluente final não corresponder aos parâmetros de descarga de lei.	
11		Ligações - avaria dos sistemas difusores de ar que ajuda na destruição da camada orgânica e decanta as areias, desta forma pode ocorrer abrasividade dos equipamentos mecânicos (ruptura das bombas, tubagens) a jusante	4,38E-03	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do solo (pouco provável) e qualidade do efluente final não corresponder aos parâmetros de descarga	
12		Operação de <i>bypass</i> devido a uma falha de automação da comporta entre desarenador e desengorduramento, ficando fechada.	1,22E-02	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	

(continuação)

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
13	Desengorduramento	Produção de fenómenos de “ <i>bulking</i> ” devido a avaria do sistema de insuflação de ar (tipo <i>vibrair</i>) de separação de gorduras e óleos no desengordurador diminuindo a qualidade dos processos a jusante.	5,00E-02 (1 vez em 20anos)	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Efluente final com parâmetros superiores ao permitido	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
14		Ruptura das tubagens de efluentes do separador de flutuantes que retornam à bacia de entrada	1,75E-03	-	-	Pavimento impermeável e circuito de esgoto	Não ocorre contaminação	-
15		Avaria da bomba que retira as gorduras do desengordurador	-	-	-	Manutenção regular dos equipamentos	-	-
16		Ruptura da tubagem que transporta as escumas removidas à superfície dos decantadores primários para o separador de efluentes	1,75E-03	-	-	Pavimento das instalações de pré-tratamento impermeável	-	-
17		Ruptura da tubagem que transporta os efluentes do separador para a entrada da ETAR	1,75E-03	-	-		-	-

(continuação)

4.5.2 Riscos Ambientais no Tratamento Primário

Relativamente às ocorrências identificadas como possíveis de ocorrer durante a execução do tratamento primário e que possam produzir danos ambientais, estas centram-se sobretudo sobre perturbações que se podem verificar durante a etapa e problemas a nível de equipamentos. É necessário salientar que a frequência anual do conjunto de ocorrências que se pode observar no Quadro 15 teve como base pesquisa bibliográfica e que se encontra no Quadro 20 (ANEXO II), sendo desta forma possível estimar o valor do risco ambiental associado para cada ID de ocorrência da fase tratamento primário.

De referir que tanto os decantadores primários como os secundários apenas têm um pequeno volume de efluente acima do nível do solo, logo apenas esse volume irá contaminar a superfície interna da ETAR e da envolvente, no caso de ocorrer uma ruptura na estrutura dos decantadores. No entanto, a maior parte do decantador encontra-se soterrado, havendo o perigo de os efluente contaminar o solo com um certa profundidade, incidindo assim operações de remediação mais complexas e consequentemente mais dispendiosas.

Alem das ocorrências relacionadas com o colapso dos decantadores secundários, foram também identificadas situações relacionadas com operações de *bypass* para o meio receptor, derivado de falhas em equipamentos que compõem a etapa em questão. Foi também considerado situações de ruptura de tubagens que servem de transporte dos efluentes entre órgãos de tratamento, e que em caso de ruptura pode provocar derrames no solo e consequente contaminação.

Tal como na etapa de pré-tratamento, a magnitude do dano de ocorrências que seja necessário efectuar operações de *bypass* foram determinadas através de uma estimativa dos trabalhos de limpeza e monitorização a recursos hídricos e às margens do rio Tejo. Deste modo, para os eventos de *bypass* foi estimado um valor da magnitude de cerca de 29.000,00 €. Refira-se que tratando-se de responsabilidade ambiental, só serão considerados eventos que tenham repercussões ambientais.

Juntamente com os ID correspondentes às operações de *bypass*, os ID que descarreguem efluentes com valores acima do permitido, também apresentam uma magnitude do dano do mesmo valor (ID 21, ID 24, ID 26, ID 27).

Relativamente às ocorrências que abordam ruptura de tubagens, foi decidido que a ocorrência tem a duração de 1h, até que se proceda à reparação, e desta forma o volume de efluentes que se infiltram no solo não impermeabilizado corresponde a uma hora.

Quadro 15 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento primário do estudo de caso.

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
18	Decantação primária	Colapso dos decantadores primários 1.	1,00E-04	160	586.400,00	Monitorização regular e inspecção externas	Contaminação do solo interno e envolvente da ETAR	Capacidade dos decantadores de cerca de 3665 m ³
19		Colapso dos decantadores primários 2.	1,00E-04	160	586.400,00			
20		Ruptura das tubagens que transportam os efluentes para os decantadores primários.	1,75E-03	160	8.566,67 (Derrame de 1h)	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do solo	Volume decantado (1150m ³ /dia + 135m ³ /dia)
21		Ruptura das tubagens que transportam o efluente decantado para o tanque de equalização.	1,75E-03	160	371.900,00 (Derrame de 1h)			Volume efluente tratado (54500 m ³ /dia) - Volume decantado (1150m ³ /dia + 135m ³ /dia)
22		Avaria no processo de tamisagem e diminuição da eficiência do processo de digestão.	5,00E-02 (1 vez em 20 anos)		29.000,00		Efluente descarregado com valores acima do permitido	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
23		Operação de <i>bypass</i> para os reactores biológicos ou meio receptor derivado de uma falha no sistema de fecho das válvulas murais (2x) que conduzem o efluente decantado para o tanque de equalização até atingir a capacidade máxima.	6,91E-02	-	29.000,00		Contaminação do meio receptor	
24		Falha no processo de reduzir as cargas em sólidos sedimentáveis, suspensos, CBO ₅ /CQO e gorduras.	-	-	29.000,00		Efluente descarregado com valores acima do permitido	

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
25	Decantação primária	Ruptura nas tubagens de transporte das lamas primárias para o espessador de lamas.	1,75E-03	160	8.566,67 (Derrame de 1h)	Manutenção regular dos equipamentos		Dimensionamento de projecto de sobrenadantes do espessador (1150 m ³ /dia) + Lamas espessada (135 m ³ /dia)
26		Avaria da válvula que controla o transporte das lamas primárias decantador 1.	3,00E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	No caso de não abrirem, existe dificuldade de sedimentação. Desta forma os processos a jusante irão ter parâmetros superiores	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
27		Avaria da válvula que controla o transporte das lamas primárias decantador 2.	3,00E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	No caso de não abrirem, existe dificuldade de sedimentação. Desta forma os processos a jusante irão ter parâmetros superiores	

(continuação)

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
28	Equalização	Ruptura do órgão.	1,00E-04	160	1.636.800,00	Monitorização regular e inspecção externas	Contaminação do solo e da flora envolvente	Volume de 10230 m ³
29		Infiltração no solo devido a ruptura das tubagens que transportam o efluente equalizado para os reactores biológicos.	1,75E-03	160	401.600,00 (Derrame de 1h)	Manutenção regular dos equipamentos	Infiltração e contaminação do solo	As bombas elevam caudal 2510 m ³ /h
30		Operação de <i>bypass</i> para meio receptor ou tratamento secundário devido a avaria das 3 bombas e tanque de equalização cheio.	2,74E-15	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do meio receptor	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.

(continuação)

4.5.3 Riscos Ambientais no Tratamento Secundário

Os riscos ambientais que se podem identificar no tratamento biológico da ETAR de Beirolas e que se encontram no Quadro 16 centram-se sobretudo em perturbações no processo de depuração que produzem efluentes com parâmetros acima do permitido e problemas nos órgãos que compõem a etapa. Tal como na etapa anterior, as ocorrências com maior gravidade que podem ocorrer, correspondem ao colapso dos órgãos constituintes do processo secundário de tratamento. Como se pode verificar no quadro de riscos ambientais referentes a esta etapa, a magnitude dos danos associado ao colapso de órgãos são as ocorrências que maiores encargos financeiros comportam.

Tal como foi referido na análise de riscos ambientais no tratamento primário, os decantadores secundários contêm um pequeno volume de efluente acima do nível do solo. Desta forma, em caso de ruptura dos decantadores secundários, apenas essa parte irá contaminar superficialmente. No caso de a contaminação atingir profundidades maiores, mais complexo é o processo de remediação do local contaminado.

As frequências anuais descritas no quadro referente aos riscos ambientais que podem ocorrer no tratamento secundário foram determinadas com recurso à literatura e que se encontram no Quadro 20 (ANEXO II), devido à falta de dados referentes a falhas ocorridos na ETAR.

Relativamente às magnitudes dos danos das ocorrências identificadas na etapa de tratamento secundário, aplicou-se o método utilizado nas etapas anteriores. Assim, os ID correspondentes a operações de *bypass* e ID que produzam efluentes com parâmetros superiores ao permitido na legislação apresentam uma magnitude do dano no valor de 29.000,00 €.

Tal como na etapa de tratamento primário, às ocorrências associadas a rupturas de tubagens (ID 33, ID 45, ID 46, ID 47) foi estipulado que apresentam uma duração de uma hora, para que desta forma se consiga determinar um valor de magnitude do dano.

Refira-se que tal como nas etapas anteriores, os eventos objectos de estudo são considerados se apresentarem impactes ambientais significativos e adversos, tal como a responsabilidade ambiental preconiza.

Quadro 16 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento secundário do estudo de caso.

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
31	Reactores Biológicos	Colapso dos reactores biológicos 1 divididos em 3 zonas de tratamento.	1,00E-04	160	624.000,00	Monitorização regular e inspecção externas	Contaminação da área interna da ETAR	Volume de cerca de 3000 m ³
32		Colapso dos reactores biológicos 2 divididos em 3 zonas de tratamento.	1,00E-04	160	624.000,00			
33		Ruptura nas tubagens que transportam o caudal equalizado para os reactores biológicos.	1,75E-03	160	363.333,33 (Derrame de 1h)	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do solo	Caudal de efluente tratado (54.500 m ³ /dia)
34		Operação de <i>bypass</i> para o meio receptor quando o tanque de equalização está fora de serviço e o sistema biológico estiver na capacidade máxima.	5,00E-02 (1 vez em 20 anos)		29.000,00		Contaminação do meio receptor	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
35		Avaria nos sensores de fornecimento de oxigénio diminuindo a concentração do oxigénio dissolvido em cada uma das células aeróbias - reactor 1.	1,22E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Efluente final com parâmetros superiores ao permitido	
36		Avaria nos sensores de fornecimento de oxigénio diminuindo a concentração do oxigénio dissolvido em cada uma das células aeróbias - reactor 2.	1,22E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos		

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
37	Reactores Biológicos	Avaria nas válvulas de controlo das taxas de ar que cada compressor fornece aos reactores biológicos que mantem a concentração de oxigénio dissolvido em cada célula aeróbia - reactor 1.	3,00E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Efluente final com parâmetros superiores ao permitido	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
38		Avaria nas válvulas de controlo das taxas de ar que cada compressor fornece aos reactores biológicos que mantem a concentração de oxigénio dissolvido em cada célula aeróbia - reactor 2.	3,00E-02	-	29.000,00			
39		Ruptura nas tubagens que transportam o excesso de lamas para o flotador de lamas biológicas.	1,75E-03	160	Não apresenta medidores de caudal	-	Contaminação do solo	
40	Decantação Secundária	Colapso dos decantadores secundários 1.	1,00E-04	160	798.080,00	Monitorização regular e inspecção externas	Contaminação da área envolvente da ETAR	Capacidade dos decantadores 2.º de cerca de 5000 m ³
41		Colapso dos decantadores secundários 2.	1,00E-04	160	798.080,00			
42		Colapso dos decantadores secundários 3.	1,00E-04	160	798.080,00			
43		Ruptura nas tubagens que transportam o efluente dos reactores biológicos 1 para os decantadores.	1,75E-03	160	Não apresenta medidores de caudal	-	Infiltração e contaminação do solo interno da ETAR	

(continuação)

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
44	Decantação Secundária	Ruptura nas tubagens que transportam o efluente dos reactores biológicos 2 para os decantadores.	1,75E-03	160	Não apresenta medidores de caudal	Manutenção regular dos equipamentos	Infiltração e contaminação do solo que se situa sob a ETAR	-
45		Ruptura nas tubagens de lamas secundárias para a EE de lamas decantador 1.	1,75E-03	160	8.222,22 (Derrame de 1h)			Dimensionamento de projecto de sobrenadantes do flotor de 3540 m ³ /dia + Lamas flotadas (250 m ³ /dia)
46		Ruptura nas tubagens de lamas secundárias para a EE de lamas decantador 2.	1,75E-03	160	8.222,22 (Derrame de 1h)			
47		Ruptura nas tubagens de lamas secundárias para a EE de lamas decantador 3.	1,75E-03	160	8.222,22 (Derrame de 1h)			
48		Avaria da válvula que controla o transporte das lamas secundárias decantador 1.	3,00E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos	Não há sedimentação e o efluente final terá níveis superiores ao legislado	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
49		Avaria da válvula que controla o transporte das lamas secundárias decantador 2.	3,00E-02	-	29.000,00			
50		Avaria da válvula que controla o transporte das lamas secundárias decantador 3.	3,00E-02	-	29.000,00			
51		Operação de <i>bypass</i> para o meio receptor derivado da avaria dos 3 parafusos de Arquimedes da EE de recirculação de lamas.	6,72E-04	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor	
52		Ruptura nas tubagens de transporte da EE para os reactores biológicos.	1,75E-03	160	Não apresenta medidores de caudal	Manutenção regular dos equipamentos	Infiltração e contaminação do solo que se situa sob a ETAR	-

(continuação)

4.5.4 Riscos Ambientais no Tratamento Terciário

O Quadro 17 identifica os principais riscos ambientais referentes ao tratamento de afinação que a ETAR de Beirolas efectua, tendo como principais preocupações a possível avaria das lâmpadas de UV que elimina os coliformes fecais que os efluentes apresentam e a operação de *bypass* que poderá ocorrer para evitar a inundação dos filtros por excesso de caudal.

As frequências anuais descritas no quadro referente aos riscos ambientais que podem ocorrer no tratamento secundário foram determinadas com recurso à literatura e que se encontram no Quadro 20 (ANEXO II), devido à falta de dados referentes a falhas ocorridos na ETAR.

A determinação do valor da magnitude do dano na etapa de tratamento terciário corresponde ao mesmo processo efectuado nas etapas anteriores, ou seja, foi definido um valor monetário para operações de *bypass* (ID 54) e para o caso de verificar-se uma avaria nas lâmpadas de UV (ID 55). Esta última ocorrência pode contaminar o meio receptor, no caso de não ser removido coliformes fecais ao efluente final.

Em relação à estimativa da magnitude do dano na situação de ocorrer uma ruptura na tubagem que transporta a água de lavagem dos filtros para a bacia a fim de integrar o processo de tratamento da ETAR, esta não tem medidores de caudal diários que indiquem com exactidão o valor mas através dos responsáveis da ETAR de Beirolas, estima-se um caudal na ordem dos 1000 m³/dia. Deste modo, estipulou-se um evento de uma hora para desta forma se consiga estabelecer o valor da magnitude do dano.

Os eventos do tratamento terciário que produzam descargas de efluentes com uma concentração de coliformes fecais superior ao permitido na legislação e que reflectam operações de *bypass*, apresentam uma magnitude do dano no valor de 29.000,00 €, correspondente ao custos de reparação dos recursos hídricos superficiais.

Note-se que os eventos objectos de estudo são considerados se apresentarem impactes ambientais significativos e adversos, tal como a responsabilidade ambiental preconiza.

Quadro 17 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento terciário do estudo de caso.

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
53	Filtração	Ruptura nas tubagens da água de lavagem dos filtros para a bacia de entrada	1,75E-03	160	6.666,67 (Derrame de 1h)	Manutenção regular dos equipamentos	Contaminação do solo que não esteja pavimentado	Estimava da ETAR de 1000 m ³ /dia
54		Operação de <i>bypass</i> aos filtros para evitar inundação dos filtros por caudais Excedentários.	8,76E-03	-	29.000,00	-	Contaminação do meio receptor com coliformes fecais	Estimação do custo de reparação do recursos hídricos superficiais contaminados no Quadro 8.
55	Desinfeção por UV	Avaria das lâmpadas de UV.	2,05E-02	-	29.000,00	Manutenção regular dos equipamentos		

4.5.5 Riscos Ambientais no Tratamento da Fase Sólida e Gasosa

No Quadro 18 encontra-se listado as ocorrências referentes às fases sólidas e gasosas do processo de tratamento da ETAR de Beírolas. Os riscos ambientais identificados em cada órgão que compõem a presente etapa referem-se sobretudo a rupturas de tubagens que transportam as lamas, as águas de escorrência, e ao colapso dos órgãos e ao consequente derrame e contaminação do solo que não esteja impermeabilizado.

Refira-se que tal como nas etapas anteriores, os eventos objectos de estudo são considerados se apresentarem impactes ambientais significativos e adversos, tal como a responsabilidade ambiental indica.

Alem dos riscos ambientais já referidos, foram também identificadas ocorrências que podem provocar danos estruturais em órgãos que estejam próximos do gasómetro, e desta forma, originar danos ambientais.

Outro risco ambiental que foi possível incluir no Quadro 17, refere-se ao transporte das lamas de ETAR. Este é um dos riscos ambientais que tem de ser levado em conta devido à possibilidade de ocorrer um acidente rodoviário e provocar derrame no local do acidente e ocorrer uma contaminação. Também a possibilidade das lamas apresentarem concentrações elevadas em metais pesados, faz aumentar a gravidade da situação, tal como a aplicação destas em solos agrícolas.

As frequências anuais descritas no quadro referente aos riscos ambientais que podem ocorrer no tratamento secundário foram determinadas com recurso à literatura e que se encontram no Quadro 20 (ANEXO II), devido à falta de dados referentes a falhas ocorridos na ETAR.

Em relação à magnitude do dano relativo à aplicação das lamas de ETAR em solo agrícolas que não apresentem valores limite de concentração de metais pesados acima do permitido na legislação que se encontram no Anexo I, do Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro, que estabelece o regime jurídico da utilização agrícola das lamas de depuração, foi determinado uma magnitude do dano no valor de 100.000,00 €. Esta quantia foi determinada estimando o espalhamento de lamas num terreno de 5.000 m², sendo necessário proceder à substituição do solo até a uma profundidade de 0,20 m. É importante voltar a referir que apesar do espalhamento das lamas de ETAR em solos agrícolas não ser considerado no RJRA, na presente dissertação optou-se por incluir este evento (ID 67).

Os ID de ocorrência que têm como característica rupturas de tubagens (ID 57, ID 59, ID 62) apresentam metodologia idêntica às etapas dos tratamentos da fase líquida. Deste modo, foi estipulado que na hipótese de ocorrência, estas terão uma duração de uma hora, para que se consiga determinar o valor de magnitude do dano.

Quadro 18 - Lista de ocorrências com probabilidade de verificar-se durante a etapa de tratamento de lamas do estudo de caso.

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
56	Flotador de lamas biológicas	Colapso do flotador de lamas biológicas.	1,00E-04	160	-	Monitorização regular e inspecção externas	Não ocorre contaminação de solo devido estar impermeabilizado	-
57		Ruptura na tubagem de escorrências para a bacia de entrada.	1,75E-03	160	23.600,00 (Derrame de 1h)	Manutenção de equipamento	Contaminação do solo interno da ETAR	Dimensionamento de projecto de sobrenadantes do flotador de 3540 m ³ /dia
58	Espessador de lamas primárias	Colapso do espessador de lamas Primárias.	5,00E-04	160	-	Monitorização regular e inspecção externas	Contaminação de solo que não esteja impermeabilizado	-
59		Ruptura na tubagem de escorrências para a bacia de entrada.	1,75E-03	160	7.666,67 (Derrame de 1h)	Manutenção de equipamento		Dimensionamento de projecto de sobrenadantes do espessador de 1150 m ³ /dia
60	Digestão anaeróbia	Colapso do digestor anaeróbio das lamas 1 por corrosão.	5,00E-04	160	-	Monitorização regular e inspecção externas	-	2900 m ³ /mês
61		Colapso do digestor anaeróbio das lamas 2 por corrosão.	5,00E-04	160	-			
62		Ruptura na tubagem que transporta as lamas misturadas até aos digestores.	1,75E-03	160	4.233,33 (Derrame de 1h)	Manutenção de equipamento	Contaminação solo	Lamas espessadas (135 m ³ /dia) Lamas flotadas (250 m ³ /dia)

ID de ocorrência	Órgão	Discriminação das ocorrências	Frequência anual	Custos remediação (€/m ³)	Magnitude do dano (€)	Medidas de minimização	Componentes ambientais afectados	Observações
63	Silo de armazenamento de lamas desidratadas	Ruptura do silo de armazenamento de lamas desidratadas com derrame no solo.	5,00E-07	-	-	Manutenção de equipamento	Não ocorre contaminação do solo devido este estar impermeabilizado	-
64	Silo de armazenamento de Cal	Ruptura do silo de armazenamento de cal com derrame no solo.	5,00E-07	-	-			-
65	Gasómetro	Risco de explosão provocado por uma fissura no órgão e danos nos órgãos mais próximos.	5,00E-07	160	798.080,00 + 4.233,33 (Derrame de 1h)		Contaminação dos solos internos da ETAR	
66	Transporte de lamas	Acidente rodoviário no transporte das lamas.	2,20E-07	160	11.200,00	-	Contaminação de solos derivado de derrames	Cisterna com capacidade para 14.000 l
67	Valorização das lamas na agricultura	Aplicação das lamas de ETAR em solos agrícolas com valores acima dos permitidos pela legislação.	5,00E-02 (1 vez em 20 anos)	100	100.000,00	Análise dos parâmetros que constituem as lamas de ETAR	Solos agrícolas contaminados	Aplicação de lamas de ETAR em terreno com área de 5.000 m ² Remoção de solo com profundidade de 0,20 m Volume solo removido: 5.000 m ² x 0,20 m

(continuação)

4.6 Cálculo do risco ambiental para o estudo de caso

Como já referido inúmeras vezes ao longo da presente dissertação, a ETAR de Beirolas, encontra-se abrangida pelas disposições do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, estando o operador responsável pela ETAR de Beirolas, sujeito a adoptar medidas de prevenção e reparação se verificar-se um dano ambiental, em virtude de o processo de tratamento de águas residuais estar contemplado no Anexo III do regime de responsabilidade ambiental.

Do conjunto de ocorrências identificadas, o colapso dos órgãos de tratamento, nomeadamente dos decantadores primários e secundários, são aqueles que em caso de acidente, maior magnitude monetária apresentam derivado do volume de armazenamento que possuem e de no pior cenário, esse volume de efluentes em tratamento vir a produzir danos ambientais significativos aos componentes ambientais considerados no RJRA.

Como já referido no capítulo 2.6, a garantia financeira a estabelecer pelo operador do estudo de caso pode ser constituída através de subscrição de apólices de seguro, obtenção de garantias bancárias, constituição de fundos próprios reservados para o efeito e através de participação em fundos de seguro. No presente estudo decidiu-se seleccionar o método de subscrição de uma apólice de seguro, visto ser a opção a nível nacional que mais se aplica no âmbito da responsabilidade ambiental, apesar de também ser possível constituir a garantia financeira alicerçada em dois mecanismos no caso de a apólice de seguro não cobrir os riscos ambientais na totalidade.

A elaboração de um contrato de seguro na área da responsabilidade ambiental entre o operador e a seguradora tem sido marcada por difíceis negociações, no sentido que o diploma de RA veio introduzir um conceito novo para as seguradoras e o receio de elaborar contratos de seguro com montantes elevadíssimos numa área em que apresentavam reduzida experiência.

Além das dificuldades referidas, as seguradoras e os operadores segurados tiveram que se adaptar com a introdução da APA, entidade competente, a quem deve ser reportado todo o tipo de informação sobre ocorrências com riscos de provocar dano ambiental e sobre as medidas de prevenção e reparação. É assim estabelecido uma relação com contornos diferentes em relação à típica relação entre segurado e a seguradora.

Tipicamente quando se elabora um contrato seguro é estabelecido o montante do prémio²⁹ e o valor da franquia³⁰, tendo esta a finalidade de não sobrecarregar o valor do seguro com pequenos sinistros e essencialmente diminuir o valor do prémio de seguro. Desta forma, o operador estabelece com a seguradora qual o valor da franquia que a actividade operacional se compromete a pagar no caso de ocorrer algum dano ambiental.

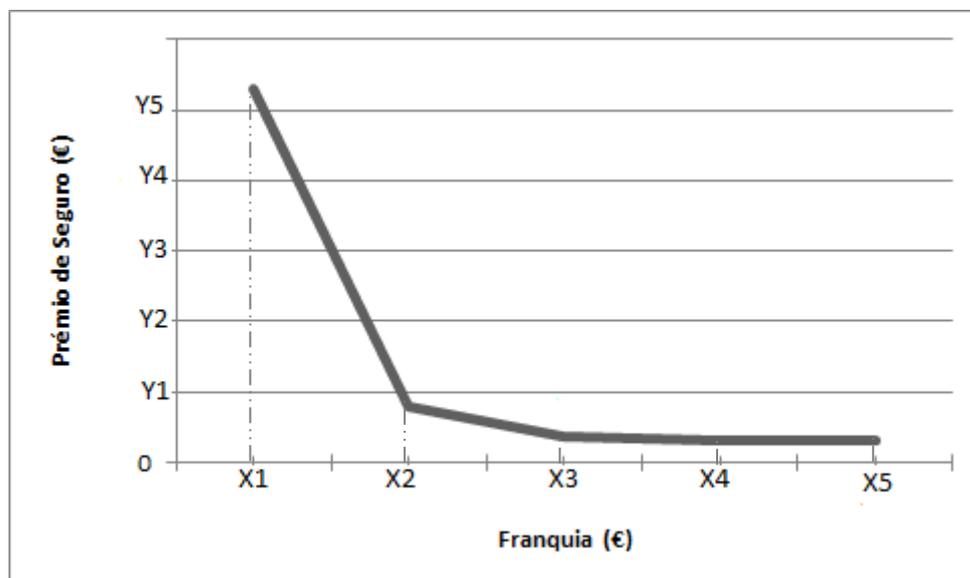


Figura 37 - Relação entre o prémio de seguro e a franquia na elaboração de um contrato. Adaptado de: (Freeman e Kunreuther, 1997).

Tal como se pode observar na Figura 37, o valor do prémio de seguro varia consoante o valor da franquia estipulada, isto é, se o operador da actividade decidir que pretende que todos os riscos ambientais sejam cobertos na totalidade pela seguradora, o valor da franquia correspondente, X1 e o valor do prémio a pagar pelo segurado será igual a Y5. No entanto é usual que o segurador apenas responda pela reparação dos danos se o valor total for superior ao da franquia estabelecido pelas partes no respectivo contrato. No caso da reparação de danos apresentar valores inferiores às da franquia, os custos serão suportados na totalidade pelo segurado.

Desta forma, é comum estabelecer um valor máximo para o qual o operador da actividade assume por inteiro o pagamento das medidas de minimização e reparação de danos ambientais causados. Com isto, consegue-se um valor do prémio de seguro com encargos inferiores.

A partir do Quadro 22 (ANEXO V), pode observar-se que para o estudo de caso da ETAR de Beirolas foi determinado uma magnitude global no valor de cerca de 9.340.153,33 €, tendo sido estimado um valor de risco total de ocorrência no valor de 26.619,57 €.

²⁹ Prémio - Valor total, incluindo taxas e impostos, que o tomador do seguro deve pagar ao segurador pelo seguro (ISP, n.d.).

³⁰ Franquia – Parte do valor dos danos que fica a cargo do tomador do seguro ou segurado (ISP, n.d.).

No caso de os responsáveis da ETAR quererem assegurar na totalidade as ocorrências identificadas, o valor do prémio de seguro será de cerca de 26.619,17 €/ano. No sentido de baixar o valor do prémio de seguro calculado, pode-se estipular um valor máximo de magnitude do dano para cada ocorrência. Desta forma todas as ocorrências identificadas que apresentem um valor de magnitude inferior ao limite imposto, os trabalhos de remediação ficam a cargo apenas do operador da ETAR de Beirolas.

Quadro 19 - Valor da magnitude do dano e do risco associado.

ID segurados		Magnitude Total de Dano Ambiental (€)	Risco Total Associado (€/ano)	Risco Total Associado (€/mês)
Opção A	Todas as ocorrências	9.340.153,33	26.619,57	2.218,30
Opção B	Ocorrências acima de 30.000,00 €	8.490.986,67	7.512,60	626,05
Opção C	Ocorrências acima de 70.000,00 €	8.390.986,67	2.635,54	219,63

Como se pode verificar no quadro acima, o valor do risco associado varia significativamente consoante o valor monetário máximo dos ID de ocorrências. Como seria de esperar, o valor do prémio de seguro mais alto a pagar pelo operador responsável da ETAR corresponde à opção de englobar na apólice de seguro todas as ocorrências que foram identificadas na dissertação.

A opção C que corresponde a incluir na apólice de seguro, ocorrências com danos ambientais de magnitudes acima de 70.000,00 €, é a opção que apresenta um valor de prémio de seguro de menor valor. A opção intermédia estipula que o operador fique encarregue de suportar os eventos que tenham um valor de magnitude abaixo de 30.000,00 €. Importa salientar que a maior parte dos ID de ocorrência que apresentam um valor de magnitude abaixo do valor da opção B, são também os eventos que apresentam maior probabilidade de ocorrer. Fica também explícito que as ocorrências que abordam colapso de órgãos de tratamento são aquelas que maior peso têm no valor do risco associado total e no valor da total da magnitude.

Observando o Quadro 19, constata-se que a magnitude total do dano ambiental da opção B e opção C diferem entre si em apenas 100.000,00 €, isto apesar do valor dos prémios de seguro entre estas duas opções diferirem em cerca de 4.877,00 €. Esta diferença registada incide apenas sobre o ID 68 que tem uma magnitude do dano de 100.000,00 € e uma frequência anual de 5,00E-02, e ao determinar o risco ambiental do ID 68 verificar-se até cinco vezes por ano, apura-se que esta ocorrência apresenta um peso de 4.877,00 € sobre o valor do risco ambiental total, tal como se pode observar no Quadro 22 (ANEXO V). Deste modo e como a diferença entre as duas opções reside apenas neste ID de ocorrência, a diferença entre estas situa-se no valor do risco ambiental do ID 67.

A figura seguinte traduz graficamente a variação do prémio de seguro com o aumento da franquia, ou seja, entre a opção A, B e C. Como se pode verificar, o aumento do valor da franquia da apólice de seguro leva a uma diminuição do prémio de seguro.

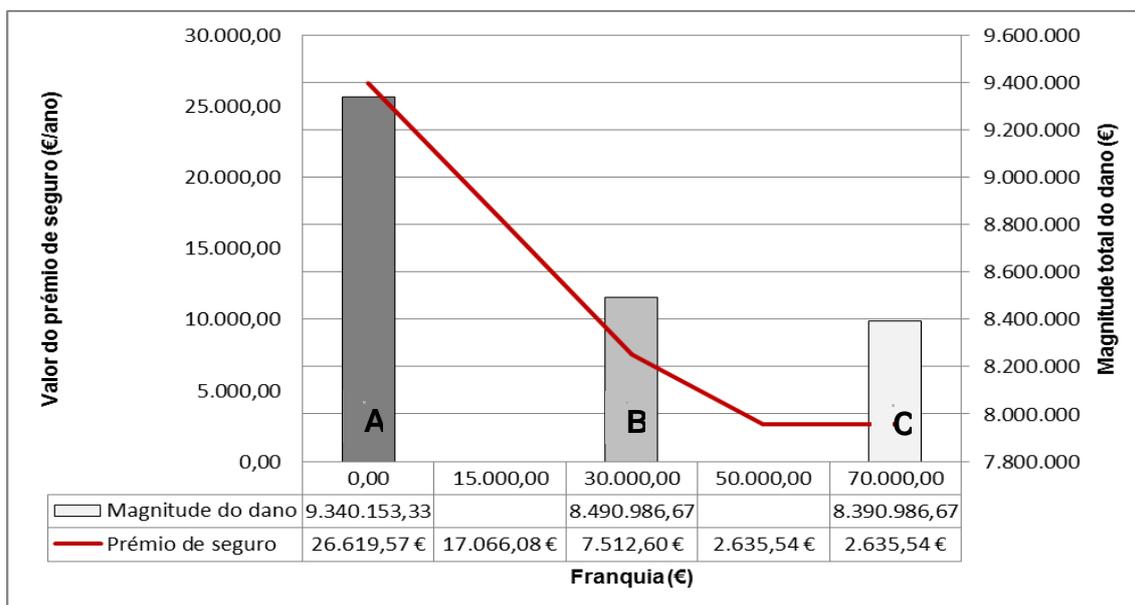


Figura 38 – Variação do prémio de seguro e da franquia da apólice de seguro.

É necessário voltar a mencionar que as taxas de falhas utilizadas no cálculo da garantia financeira exigida no diploma de responsabilidade ambiental resultaram de uma pesquisa bibliográfica, não tendo sido possível recorrer ao histórico de ocorrências da ETAR em estudo.

A magnitude total dos danos segurados pela apólice de seguro, que na Figura 38 encontra-se em colunas, apresenta uma variação de cerca de 10%, entre a opção A e a opção C, que balizam o valor do prémio de seguro a ser estabelecido. A pequena diferença registada entre as magnitudes totais das opções em questão traduzem-se numa diferença de cerca de 23.984,00 € anuais no valor do prémio de seguro a pagar pelos responsáveis da ETAR de Beirolas.

A opção intermédia baixa o valor do prémio de seguro em cerca de 19.106,00 €/ano, fixando-se em 7.512,00 €/ano de seguro, sendo uma operação que apenas exclui no prémio de seguro as ocorrências que tenham uma magnitude do dano inferior a 30.000,00 €. A opção de apólice de seguro a ser seleccionada pela SIMTEJO depende da sua disponibilidade financeira e de a seguradora apresentar produtos que correspondam às soluções obtidas na presente dissertação. Também como já referido, a garantia financeira pode também ser a conjugação de dois mecanismos diferentes, no sentido de corresponder às exigências da DRA.

Com a entrada em vigor da DRA, a ETAR tem um aumento dos encargos financeiros mensais que podem variar entre 219,60 € e 2.218,26 €, consoante a opção seleccionada e que se pode verificar no Quadro 19.

5 CONCLUSÕES E REFLEXÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível a compreensão de uma temática de extrema importância como é a responsabilidade ambiental, que com a publicação do diploma europeu trouxe acrescidas responsabilidades para os operadores e *stakeholders* de certas actividades ocupacionais, de forma a promover a protecção do Ambiente.

A responsabilidade ambiental percorreu um longo e intenso percurso para atingir a fase actual e que o presente estudo utiliza como base para o seu desenvolvimento. A adesão de Portugal à Comunidade Europeia em 1986 trouxe inúmeras alterações sobre determinadas políticas e actividades. A UE intervém em vários domínios, delegando algumas competências legislativas sobre EM que compõem a zona europeia. Noutras áreas, como a cultura, a decisão política é partilhada pela UE e os governos nacionais. No que diz respeito ao Ambiente, cada EM tem de seguir as normas ambientais desenvolvidas pela parceria económica e política entre 27 países europeus.

O domínio que a política comunitária do ambiente exerce sobre os EM e especificamente na ordem jurídica nacional resulta numa uniformização das leis ambientais, devido à transposição de directivas comunitárias. O direito da UE constitui, assim, um forte impulsionador, sendo fonte por excelência do direito nacional, na medida em que as suas normas e princípios orientadores integram a ordem jurídica interna (Sá, 2011).

A DRA constitui uma ferramenta que indirectamente, visa incentivar os operadores e stakeholders enumerados no Anexo III a adoptarem medidas preventivas ao processo de funcionamento da actividade, assumindo-se como estrutura central do sistema jurídico-ambiental. O regime proclama a constituição de fundos financeiros que sejam activados quando se esteja na situação iminente de produção de um dano ambiental ou quando o dano ambiental já tenha ocorrido. O sucesso da aplicação da ferramenta de responsabilidade ambiental está, no entanto, condicionado à capacidade financeira das entidades gestoras das actividades, bem como da resposta das seguradoras na elaboração de produtos em matéria de responsabilidade ambiental.

Na presente dissertação analisou-se especificamente uma possibilidade como o diploma de responsabilidade ambiental se aplica às ETAR e a respectiva avaliação do risco ambiental, de forma a salvaguardar eficazmente a protecção e a reparação dos serviços ambientais preconizados RJRA.

Para fazer face às exigências do diploma de responsabilidade ambiental e estabelecer garantias financeiras, foi necessário realizar uma avaliação dos riscos ambientais à ETAR do estudo de caso, para que deste modo se consiga estabelecer um valor financeiro para a garantia. Na avaliação de riscos ambientais, foi necessário estimar um valor de magnitude do dano para cada ocorrência identificada durante o processo de avaliação.

Relativamente ao método de avaliação de riscos ambientais inerentes ao processo de depuração da ETAR e independentemente das técnicas existentes para a análise quantitativa/probabilística de ocorrência de acidentes, foi absolutamente necessário ter conhecimento das consequências que um acidente possa ter nos serviços naturais. Foi também essencial conhecer o processo de depuração dos efluentes que chegam à ETAR de Beirolas, assim como os equipamentos e órgãos que existem nas instalações.

A partir da análise do processo de tratamento da ETAR, foram identificadas ocorrências que podem resultar em danos ambientais. Constatou-se que os acidentes que envolvam rupturas de órgãos de tratamento são os que apresentam maior magnitude, que balizam a maior parte da garantia financeira e do respectivo prémio de seguro. Esta situação deve-se ao enorme volume de efluente ainda em processo de tratamento e que em caso extremo de colapso, esse mesmo volume poder infiltrar-se no solo. Como se pôde verificar no Quadro 22 (Anexo V), além dos eventos de rupturas de órgãos, foi possível identificar outras ocorrências, das quais se destacam as operações de *bypass* para o meio receptor que podem ocorrer ao longo do processo e que podem provocar inúmeros danos ambientais. Como referido, o rio Tejo é o receptor hídrico das descargas de efluentes da ETAR de Beirolas, mas próximo da desta, também aflui o caudal do rio Trancão, que por sua vez recebe efluentes da ETAR de Frielas, de S. João da Talha, além de indústrias que se localizam na zona.

Sempre que se verifique casos de danos ambientais é necessário estabelecer o nexo de causalidade entre o dano e o acto causador de ter provocado o impacte negativo. No entanto, em situações de multicausalidade e sendo possível identificar qual o causador do dano ambiental, a responsabilidade de aplicarem as medidas de reparação são repartidas pelos responsáveis das actividades indiciadas.

Relativamente às limitações encontradas ao longo da elaboração da presente dissertação, estas incidem na sua maioria e principalmente na obtenção de dados relativos às frequências anuais do conjunto de ocorrências identificadas e da inexistência de uma base de dados sobre problemas processuais frequente em ETAR. Esta limitação afectou o presente estudo, visto que não foi possível estabelecer as taxas de falhas correspondentes aos equipamentos instalados na ETAR, tendo sido necessário efectuar pesquisa bibliográfica que disponibiliza-se informações sobre taxas de falhas de equipamentos. Importa referir que devido à ausência de informação relativa à frequência de operações de *bypass* que fornecesse valores de frequência anual, estabeleceu-se que estas ocorreriam com um espaço temporal de uma ocorrência em 20 anos.

A outra grande limitação centrou-se na estimação da magnitude do dano sobre os ID de ocorrência identificados. Tal como foi expresso no capítulo 4.5, que avalia os riscos ambientais que podem ocorrer no processo de tratamento da ETAR, nos ID que incidem sobre operações de *bypass* foi necessário estabelecer uma estimativa sobre as medidas de reparação nos recursos hídricos e nas espécies e *habitats* protegidos. Esta solução deve-se à complexidade de estabelecer um valor monetário para um dano não ocorrido e a necessidade de abordar a questão com objectividade. Em relação às ocorrências de ruptura de tubagens de transporte de efluentes e de lamas de ETAR, o custo das medidas

de reparação de solo foi estimado com recurso ao valor monetário das duas técnicas de remediação de solo seleccionadas.

Com o recurso a este dados, foi assim possível determinar o valor da garantia total sobre o qual vai incidir o valor da apólice de seguro a ser formada pelos responsáveis da instalação.

A outra limitação encontrada envolve a publicação da DRA e da sua posterior transposição para o direito ambiental nacional e da novidade que trouxe a nível de legislação ambiental, no sentido que a o RJRA não quantifica o que considera ser danos com efeitos significativos adversos, ficando assim dependente da perspectiva pessoal de cada pessoa encarregue de elaborar a lista de ocorrências, com possibilidade de provocar danos ambientais. Relativamente à subjectividade presente no diploma de responsabilidade ambiental, foi considerado todas as ocorrências que possam resultar em danos ambientais, não sendo assim excluídos quaisquer eventos.

O presente estudo revelou que o diploma de responsabilidade ambiental em Portugal ainda se encontra numa fase em que as seguradoras revelam dificuldades na elaboração de produtos de seguros que respondam eficazmente e que englobem as ocorrências identificadas. Além deste problema, os operadores das actividades enumeradas no Anexo III do respectivo diploma mostram também dificuldades na aceitação do RJRA, visto que com esta legislação, os encargos da responsabilidade dos operadores aumentaram, revelando dificuldades económicas para suportar os custos inerentes à lei de responsabilidade ambiental.

No que respeita ao desenvolvimento de trabalho futuro nesta temática, considera-se interessante o envolvimento de mais instalações de tratamento de águas residuais com tipologia semelhante à da ETAR de Beirolas, ou seja, ETAR que possuam tratamento terciário, desinfecção por UV e com valorização energética. Assim, seria interessante estudar o processo de cada ETAR para que desta forma se consiga estabelecer um valor de frequência anual geral para falhas de equipamentos idênticos, que não foi possível realizar no presente estudo.

Também considera-se interessante para trabalho de futuro avaliar os riscos ambientais e a respectiva magnitude das ETAR que directa ou indirectamente descarregue os seus efluentes para o Estuário do rio Tejo, visto ser uma área com bastante interesse ambiental e classificada como Reserva Natural, além de criar cenários de ocorrências de danos ambientais provocados por ETAR que ajude no aperfeiçoamento da avaliação de riscos ambientais na actividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENEAL (2010). agência municipal de energia de almada - ideias com energia. Última actualização a, Acedido em 2 de Agosto de 2011 do website <http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreelD=00/01&treeID=00/01&newsID=8>.
- ALE (2005). Guideline for quantitative risk assessment - Purple book. ISBN: 9789012087964. The Hague : Directorate-General for Social Affairs and Employment, 1999.
- ÁLVAREZ (2010), Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental. 10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10). pp:8. Acedido em 30 de Novembro de 2011 do website http://www.conama10.es/conama10/download/files/STs%202010/100000030_ppt_ILorente.pdf.
- APA e ISQ (2011). Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental - Responsabilidade Ambiental. ISBN 978-972-8577-58-2 pp: 124. APA.
- ARAGÃO (n.d.). O princípio do poluidor pagador como princípio nuclear da responsabilidade ambiental no direito europeu. 26. Acedido em 8 de Agosto de 2011 do website www.icjp.pt.
- ARCHER (2009). Direito do Ambiente e Responsabilidade Civil. ISBN 978-972-40-3887-2 pp: 73.
- BELLI e LISBOA (1999), Odor e desodorização de estações de tratamentos de efluentes líquidos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milénio. pp:694-701. Acedido em 5 de Setembro de 2011 do website <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-132.pdf>.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2001). *Important Bird Areas and potential Ramsar Sites in Europe*. Acedido em 30 de Agosto de 2011 do website <http://www.birdlife.org.uk>.
- BISCHOFF (2008). Risks in Modern Society. ISBN 978-1-4020-8288-7.
- C.M.LOURES, de n.d., que estabelece Regulamento do Plano Director Municipal de Loures.
- C.M.LOURES (n.d.). Mapa Interactivo - Plano Director Municipal. Última actualização a, Acedido em 30 de Agosto de 2011 do website <http://213.58.212.220/LouresDigital/%28S%2823q4cxmlijg0xqriqkgept345%29%29/MapView/SectionsViewer.aspx?id=5>.
- CEA (2009), Navigating the Environmental Liability Directive - A practical guide for insurance underwriters and claims handlers.
- CEE, de 2002, que estabelece Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage.

CEE, de 2006, que estabelece Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Estratégia temática de protecção do solo.

COLE (2008), Environmental Compensation using the REMEDE Toolkit: How much is enough? pp:50. Acedido em 20 de Setembro de 2011 do website http://www.envliability.eu/docs/Stockholm_presentations/Scott_Cole_REMEDE_Stockholm.pdf

-

COMISSÃO (2000). Livro Branco sobre Responsabilidade Ambiental. 92-828-9183-6. Comunidades Europeias.

COMISSÃO, de 2004, que estabelece Directiva 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais.

CRUZ (2004). Avanços e Retrocessos do Direito do Ambiente na Europa Comunitária: Análise Crítica da Directiva 2004/35/CE relativa à Responsabilidade Ambiental. *Revista Direito e Liberdade*, 1, 20. Acedido em 22 de Agosto de 2011 do website http://www.esmarn.org.br/ojs/index.php/revista_teste/article/viewFile/217/247.

DANIHELKA (2006), Sharing experience on risk management (health, safety and environment) to design future industrial systems.

DECRETO-LEI N.º 154-A/2002, de 11 de Junho, que aprova o Regulamento para a notificação de substâncias químicas e para a classificação, embalagem e rotulagem de substâncias perigosas.

DECRETO-LEI N.º 147/2008, de 29 de Julho, que estabelece o regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais e transpõe para ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2004/35/CE, do Parlamento Europeu do Conselho, de 21 de Abril de 2004.

DECRETO-LEI N.º 276/2009, de 2 de Outubro, que estabelece o regime jurídico da utilização agrícola das lamas de depuração de ETAR.

DHV (2011), Plano de Ordenamento do Estuário do Tejo.

DUFFEY e SAUL (2008). *Managing Risk - The human element*. ISBN 978-0-470-69976-8.

ENVIRONMENTAGENCY (1999), *Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects os COMAH Safety Reports, Version 2*.

- EPA (n.d.). Summary of the Comprehensive Environmental Compensation, and Liability Act (Superfund). *Laws and Executive Orders* Última actualização a: 11 de Agosto de 2011. Acedido em 23 de Agosto de 2011 do website <http://www.epa.gov/lawsregs/laws/cercla.html>.
- FAIRMAN, C.D., e WILLIAMS (1999), *Environmental Risk Assessment - Approaches, Experiences and Information Sources*.
- FERNANDES (2005). *Modelação Operacional no Estuário do Tejo. Mestrado em Ecologia, Gestão e Modelação dos Recursos Marinhos*. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- FIGUEIREDO (n.d). A remodelação da ETAR de Beirolas. Última actualização a: n.d. Acedido em Maio 2011 do website http://antonio-fonseca.com/Unidades%20Curriculares/1-Ano/Quimica%20e%20Ambiente/1%20Licoes/7%20-%20Recursos%20Adicionais/ETAR_Beirolas-eneg_2001_figueiredo_isabel_bronze.pdf.
- FONSECA e TEIXEIRA (2007). *Reactores Biológicos - Fundamentos e Aplicações*. ISBN: 978-972-757-366-0 pp: 481. Lidel.
- FREEMAN e KUNREUTHER (1997). *Managing Environmental Risk Through Insurance*. ISBN: 0-7923-9901-3. Kluwer Academic Publishers.
- GONÇALVES e CASTRO (2004). Efeito da Aplicação de Lamas Residuais Urbanas na Diversidade da População Rizobiana do Solo. *Silva Lusitana*, 12, 95-104. Acedido em 07 Setembro 2011 do website http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-63522004000200008&lng=pt&nrm=iso.
- ICNB (2002). *Turismo de Natureza, Enquadramento Estratégico - Reserva Natural do Estuário do Tejo 2000 - 2006*. 33. Acedido em 30 de Agosto de 2011 do website http://www.icn.pt/TurismoNatureza_anexos/RNET.pdf.
- INAG (2001), *Plano Nacional da Água*.
- INAG (2005), *Relatório síntese sobre a caracterização das regiões hidrográficas prevista na Directiva-Quadro da Água*.
- INSAAR (2010), *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais - Sistemas Públicos Urbanos*.
- IO/FCUL (2009), *Monitorização Biológica da Zona de Intervenção do Parque das Nações*.
- IPQ, de 2009, que estabelece Norma Portuguesa NP EN 1990:2009: Eurocódigo - Bases para o projecto de estruturas.
- ISP (n.d.). *ISP - Glossário*. Última actualização a: Acedido em 20 de Outubro de 2011 do website <http://www.isp.pt/ISP/Gloss%C3%A1rio>.

- LEVY (2011), Responsabilidade Ambiental de Municípios e Unidades Industriais: Avaliação do Risco e Cálculo da Garantia Financeira. FUNDEC - Instituto Superior Técnico. Acedido em 1 de Março de 2011.
- LEVY (n.d.). Novas Tecnologias para o Tratamento das Águas Residuais. 15. Acedido em 11 de Fevereiro de 2011 do website http://195.23.94.240:8080/ecoservicos/content/documents/069_ArtigoCient.pdf;jsessionid=B3449DFC59364412CFACC6D7A8985953.
- MANNAN (2005). Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. Volume 1, 3ª edição. Elsevier - Butterworth Heineman, Apêndice 14 - Failure and Event Data, A14.14 Heat Exchangers.
- MANNAN (2005). Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. Volume 1, 3ª edição. Elsevier - Butterworth Heineman, Apêndice 14 - Failure and Event Data, A14.7 Processing of Data.
- MARSH (2009), MARSH - New environmental liabilities for EU companies.
- METCALF e EDDY (2003). Wastewater Engineering , Treatment and Reuse. pp: 1819. International Edition McGraw-Hill.
- MOREIRA e RODRIGUES (n.d.). As Regionalidades Demográficas do Portugal Contemporâneo. Acedido em 6 de Setembro de 2011 do website <http://www.cepese.pt/portal/investigacao/working-papers/populacao-e-prospectiva/as-regionalidades-demograficas-do-portugal-contemporaneo/As-Regionalidades-Demograficas-do-Portugal.pdf>.
- NOBRE (2011), A Responsabilidade Ambiental - Metodologia de Aplicação ERIC - Environmental Risk Insurance Calculation. Responsabilidade Ambiental de Municípios e Unidades Industriais: Avaliação do Risco e Cálculo da Garantia Financeira. Acedido em 29 de Abril de 2011.
- NOGUEIRA (2001). Desreguladores Endócrinos: Efeitos Adversos e Estratégias para Monitorização dos Sistemas Aquáticos. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, Volume 88, pp 65-71. Acedido em 7 de Setembro de 2011 do website http://www.spq.pt/boletim/docs/BoletimSPQ_088_065_09.pdf.
- OCDE (2002), Report of the special session on environmental consequences of chemical accidents.
- OLIVEIRA (2009), A prova do nexo de causalidade na lei da responsabilidade ambiental. A responsabilidade por dano ambiental. pp:14. Acedido em do website www.icjp.pt/system/files/files/e.../Texto_Dra_%20Ana%20Perestrelo.pdf.
- OLIVER (2008), NORMA UNE 150008:2008 - Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Acedido em do website http://www.conama9.org/conama9/download/files/MRs/10579_ppt_JLTejera.pdf.
- PLANAS, et al. (2003), ARAMIS - Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the context of the Seveso II Directive.

- REMEDE (2006). The REMEDE Project - A Summary. 2011. Acedido em 23 de Agosto de 2011 do website http://www.envliability.eu/docs/ProjectTechDescrip_D14_eftec_191206_FINAL.pdf.
- RUSHTON (1998). Lesson Learned From Past Accidents. Volume 6, Elsevier Science,
- SÁ (2010). O Regime Político da Responsabilidade por Danos Ambientais - A Responsabilidade Ambiental. 3. Acedido em 17 de Setembro de 2011.
- SÁ (2011). Responsabilidade Ambiental - Operadores Públicos e Privados. ISBN: 978-972-788-430-8. Vida Económica - Editorial, SA.
- SÁ (2011), The Environmental Liability Directive (ELD), 2004/35/CE de 30-04-2004 - Responsabilidade Ambiental na União Europeia. A Responsabilidade Ambiental de Municípios e Unidades Industriais - Avaliação do Risco e Cálculo da Garantia Financeira. Acedido em 2 de Abril de 2011.
- SANTAYANA (1998), Análise do comportamento da área tratada com drenos verticais na expansão Este do aterro sanitário de Beirolas. VII Congresso Nacional de Geotecnia. pp:1109-18. Acedido em 29 de Agosto de 2011 do website <http://pt.scribd.com/doc/19504682/Analise-do-comportamento-da-area-tratada-com-drenos-verticais-na-expansao-Este-do-aterro-sanitario-de-Beirolas>.
- SERRÃO, et al. (2009). Fertilidade e contaminação por metais pesados e microrganismos fecais de um solo sob pastagem pela aplicação de lama residual urbana. *Revista de Ciências Agrárias*, 32, 273-83. Acedido em 6 de Setembro de 2011 do website http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2009000100025&lng=pt&nrm=iso.
- SIDA (2000). Water and wastewater management in large to medium-sized urban centres: experiences from the developing world / Colling Water Management AB. Sida, Department for infrastructure and economic co-operation - INEC.
- SILVEIRA (2009). Avaliação Económica dos Riscos de Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras. Mestrado em Gestão Económica do Meio Ambiente. Universidade de Brasília. Brasília.
- SIMÕES (2003), Riscos Ambientais Antroópicos - Sistema Nacional de Prevenção de Acidentes Graves envolvendo Substâncias Perigosas.
- SIMTEJO (2010). SIMTEJO Empresa - O que fazemos. Acedido em Agosto de 2011 do website http://www.simtejo.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=19&name=O-que-fazemos.
- SOUSA (2001). Estudo, monitorizacao e avaliação das ETAR's de Chelas e Beirolas da cidade de Lisboa. pp. 59. Acedido em 22 de Julho de 2011 do website www.pluridoc.com.
- SPELLMAN (2000). Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators. ISBN: 1-56676-835-7 pp: 273. CRC Press.

UNE150008:2008EX, de n.d., que estabelece Análisis y evaluación del riesgo ambiental.

URSESPANHA (2010), Benchmark Legal e Metodológico - Suporte Técnico e Guia Sectorial no âmbito do Decreto-Lei Nº 147/2008, de Responsabilidade Ambiental.

VARENNES (2011), Solos. Responsabilidade Ambiental de Municípios e Unidades Industriais: Avaliação do Risco e Cálculo da Garantia Financeira. Acedido em 29 de Abril de 2011.

VERDONCK, et al. (2003), Added value of concentration-duration-frequency curves of wastewater treatment plant effluent and river water quality. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand. pp:338-43. Acedido em 18 de Setembro de 2011 do website <http://www.mssanz.org.au/MODSIM03/Media/Articles/Vol%201%20Articles/338-343.pdf>.

Outros sítios da internet consultados:

<http://www.apambiente.pt/Paginas/default.aspx>

<http://www.adp.pt/>

<http://www.arhtejo.pt/web/guest>

<http://www.arhnorte.pt/>

<http://www.arhcentro.pt/website/>

<http://www.arhalgarve.pt/site/index.php>

<http://www.arhalentejo.pt/>

<http://www.epa.gov/>

<http://www.igaot.pt/>

<http://www.inag.pt/>

<http://www.lnec.pt/>

<http://portal.icnb.pt/ICNPortal/vPT2007/>

<http://snirh.pt/>

<http://www.simtejo.pt/>

<http://www.simria.pt/>

ANEXO I – Reparação dos danos ambientais no âmbito da DRA.

1. Reparação de danos causados à água, às espécies e *habitats* naturais protegidos

A reparação de danos ambientais causados à água, às espécies e *habitats* naturais protegidos é alcançada através da restituição do ambiente ao seu estado inicial por via da reparação primária, complementar compensatória.

- a) Reparação “primária”, qualquer medida de reparação que restitui os recursos naturais e/ou serviços danificados ao estado inicial, ou os aproxima desse estado;
- b) Reparação “complementar”, qualquer medida de reparação tomada em relação aos recursos naturais e/ou serviços para compensar pelo facto de a reparação primária não resultar no pleno restabelecimento dos recursos naturais e/ou serviços danificados;
- c) Reparação “compensatória”, qualquer acção destinada a compensar perdas transitórias de recursos naturais e/ou de serviços verificadas a partir da data de ocorrência dos danos até a reparação primária ter atingido plenamente os seu efeitos;
- d) “Perdas transitórias”, perdas resultantes do facto de os recursos naturais e/ou serviços danificados não poderem realizar as suas funções ecológicas ou prestar serviços a outros recursos naturais ou ao público enquanto as medidas primárias ou complementares não tiverem produzido efeitos. Não consiste numa compensação financeira para os membros do público.

2. Reparação de danos causados ao solo

Serão adoptadas as medidas necessárias para assegurar, que os contaminantes em causa sejam eliminados, controlados, contidos ou reduzidos, a fim de que o solo contaminado, tendo em conta a sua utilização actual ou futura aprovada no momento por ocasião da ocorrência dos danos, deixe de comportar riscos significativos de efeitos adversos para a saúde humana. A presença destes riscos será avaliada através de um processo de avaliação de riscos que terá em conta as características e funções do solo, o tipo e a concentração das substâncias, preparações, organismos ou microrganismos perigosos, os seus riscos e a sua possibilidade de dispersão. A afectação futura será determinada com base na regulamentação em matéria de afectação dos solos ou outra eventual regulamentação relevante em vigor no momento da ocorrência do dano.

Se a afectação do solo se modificar, serão tomadas todas as medidas necessárias para prevenir quaisquer riscos de efeitos adversos para a saúde humana.

Na falta de regulamentação relativa à afectação do solo ou de outra regulamentação relevante, a natureza da zona que sofreu os danos deverá determinar a afectação da zona específica, atendendo ao desenvolvimento previsto.

Será de ponderar uma opção de regeneração natural, ou seja, uma opção que não inclua qualquer intervenção humana directa no processo de regeneração.

ANEXO II – Quadro dos valores de taxas de falha de equipamentos existentes em ETAR.

Quadro 20 - Valores de frequência de probabilidades de falhas de componentes de ETAR.

Referências bibliográficas	Componentes	Taxa Falhas (nº falhas/10 ⁶ h)	Taxa Falhas (nº falhas/ano)
Lee Loss - Appendix 14/7 ³¹	Motores eléctricos	1,00E-05	8,76E-02
	Transformadores (< 15kV)	6,00E-07	5,26E-03
	Transformadores (< 132 - 400kV)	7,00E-06	6,13E-02
	Reservatório de pressão (geral)	3,00E-06	2,63E-02
	Reservatório de pressão (nível elevado)	3,00E-07	2,63E-03
	Tubagens	2,00E-07	1,75E-03
	Ligações tubagens	5,00E-07	4,38E-03
	Condutas	1,00E-06	8,76E-03
	Juntas	5,00E-07	4,38E-03
	Fole	5,00E-06	4,38E-02
	Uniões e junções	4,00E-07	3,50E-03
	Válvulas de segurança - fuga	2,00E-06	1,75E-02
	Válvulas de segurança - bloqueio	5,00E-07	4,38E-03
	Operação manual válvulas	1,50E-05	1,31E-01
	Válvulas de controlo	3,00E-05	2,63E-01
	Bloqueio filtros	1,00E-06	8,76E-03
	Fugas de filtros	1,00E-06	8,76E-03
	Caldeiras	1,10E-06	9,64E-03
	Bombas alimentação de caldeira	1,01E-03	8,87E+00

³¹ Fonte: (Mannan, 2005).

Referências bibliográficas	Componentes	Taxa Falhas (nº falhas/10 ⁶ h)	Taxa Falhas (nº falhas/ano)
Lee Loss - Appendix 14/13 ³²	TUBAGENS		
	Relatório Rasmussen	-	2,60E-02
	Smith: Limite mínimo	-	1,80E-04
	Smith: Limite máximo	-	8,80E-03
	UKAEA	-	4,40E-03
Lee Loss - Appendix 14/14 ³³	CONDENSADOR		
	Gás – Água (100-1000kW)	3,12E-05	2,73E-01
	Gás - Água (1000-10000kW)	8,65E-05	7,58E-01
NP EN 1990 - Eurocódigo 0 ³⁴	BETAO (50 anos)		
	CC2 (RC2) ELS - B=1,5		1,00E-02
	CC2 (RC2) ELU - B=3,8		1,00E-04
Purple book ³⁵	REACTOR		
	G1		5,00E-06
	G2		5,00E-04
	G3		1,00E-04
	RESERVATÓRIO DE PRESSÃO		
	G1		5,00E-07
	G2		5,00E-07
	G3		1,00E-05

(continuação)

³² Fonte: (Mannan, 2005).

³³ Fonte: (Mannan, 2005).

³⁴ Fonte: (IPQ, 2009).

³⁵ Fonte: (Ale, 2005).

Referências bibliográficas	Componentes	Taxa Falhas (nº falhas/10 ⁶ h)	Taxa Falhas (nº falhas/ano)
Purple book ³⁶	TUBAGENS G1		
	Diâmetro nominal <75mm	-	1,00E-06
	75<= Diâmetro nominal <=150mm	-	3,00E-07
	Diâmetro nominal > 150mm	-	1,00E-07
	BOMBAS		
	G1 - Bombas sem provisões adicionais	-	1,00E-04
	G2 - Bombas sem provisões adicionais	-	5,00E-04
	G1 pumps with a wrought steel containment	-	5,00E-05
	G2 pumps with a wrought steel containment	-	2,50E-04
	G1 canned pumps	-	1,00E-05
	G2 canned pumps	-	5,00E-05
	ARMAZENAMENTO DE SUBSTÂNCIAS		
	G1 – Armazenamento de substâncias em armazéns com níveis de protecção 1 e 2	-	1,00E-05
	G2 – Armazenamento de substâncias em armazéns com níveis de protecção 1 e 2		
	G1 – Armazenamento de substâncias em armazéns com níveis de protecção 3		
	G2 – Armazenamento de substâncias em armazéns com níveis de protecção 3		

(continuação)

³⁶Fonte: (Ale, 2005).

Referências bibliográficas	Componentes	Taxa Falhas (nº falhas/10 ⁶ h)	Taxa Falhas (nº falhas/ano)
Failure rate and event data HSE	Camiões cisterna (taxa de acidentes grave)		2,2E-07
	Válvulas		3,00E-02
Tubofuro pdf	LÂMPADAS UV		
	Modelo UV2436 (6W) 5000h duração		5,71E-01
	Modelo UV2440 (14W) 9000h duração		1,03E+00
	Modelo UV2441 (24W) 9000h duração		1,03E+00
	Modelo UV2443 (32W) 9000h duração		1,03E+00
	Modelo UV2439 (39W) 9000h duração		1,03E+00
	Modelo UV2437 (39W) 9000h duração		1,03E+00
	Modelo UV2438 (39W) 9000h duração		1,03E+00
Modelo UV2444 (39W x 2) 9000h duração		1,03E+00	
Practical – Radio Engineering and Telemetry for Industry ³⁷	Sistema SCADA	1,39E-06 (1390 falhas por 1 bilhão horas operação)	1,22E-02
Exida.com – Failures modes, Effects and Diagnostic Analysis ³⁸	Detector de caudal	-	1,30E-02
	Operação de <i>bypass</i> (1 falha em 20 anos)		5,00E-02

(continuação)

³⁷ http://books.google.com/books?id=8mQewRR_3q4C&pg=PA171&lpg=PA171&dq=SCADA+failure+rate&source=bl&ots=TehMsDC8kW&sig=PiySzig6obl8PrsLp3ZRBQYP7JQ&hl=pt-PT&ei=9kOcTpnICYW68gPt1ZTHBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCUQ6AEwAQ#v=onepage&q=SCADA%20failure%20rate&f=false

³⁸ http://www.emersonprocess.com/rosemount/solution/8800C_v210_FMEDA.pdf

ANEXO III – Cartografia de uma parte do PDM de Loures em vigor.

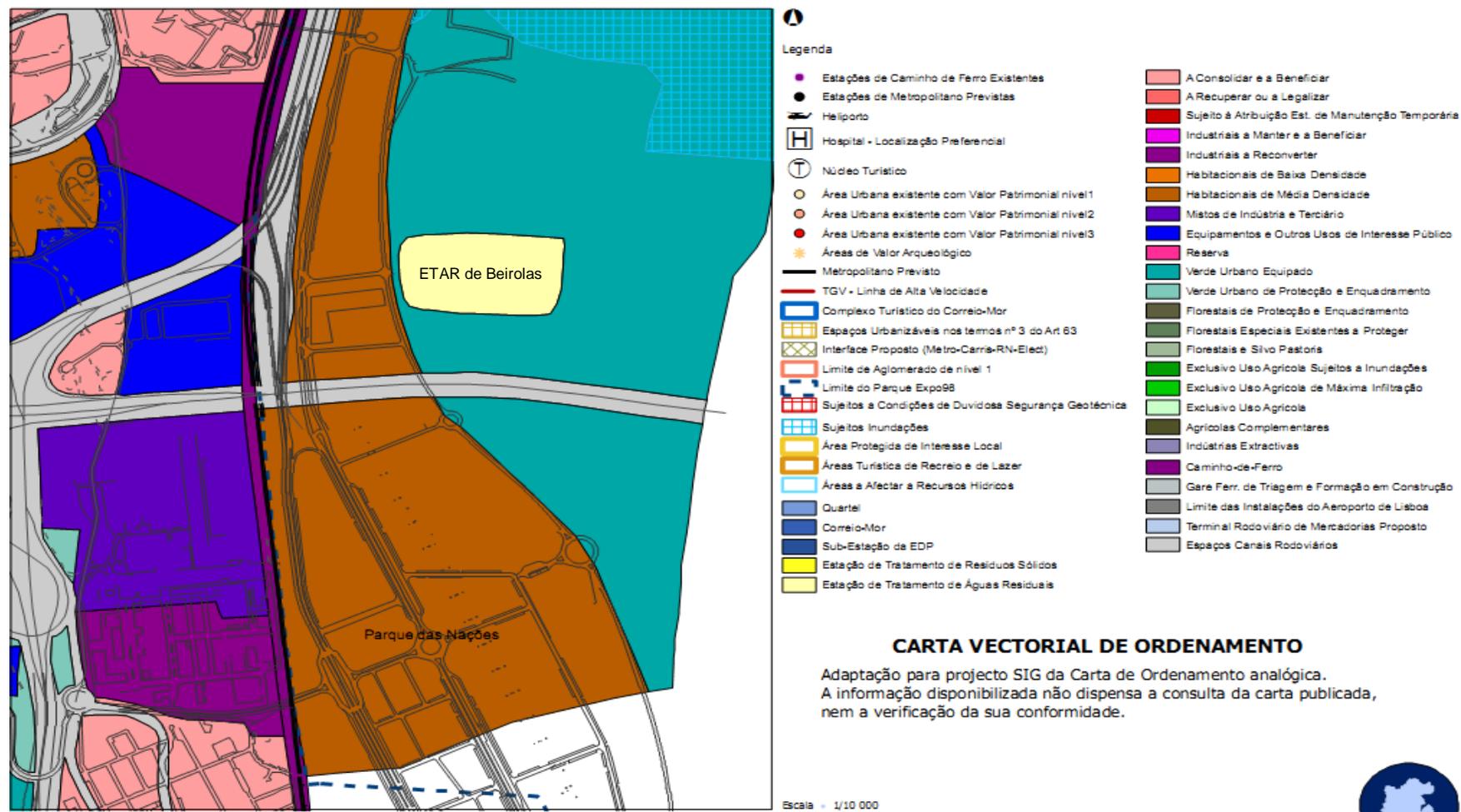


Figura 39 - Localização da ETAR de Beirolas no PDM de Loures. Fonte:(C.M.Loures, n.d.).

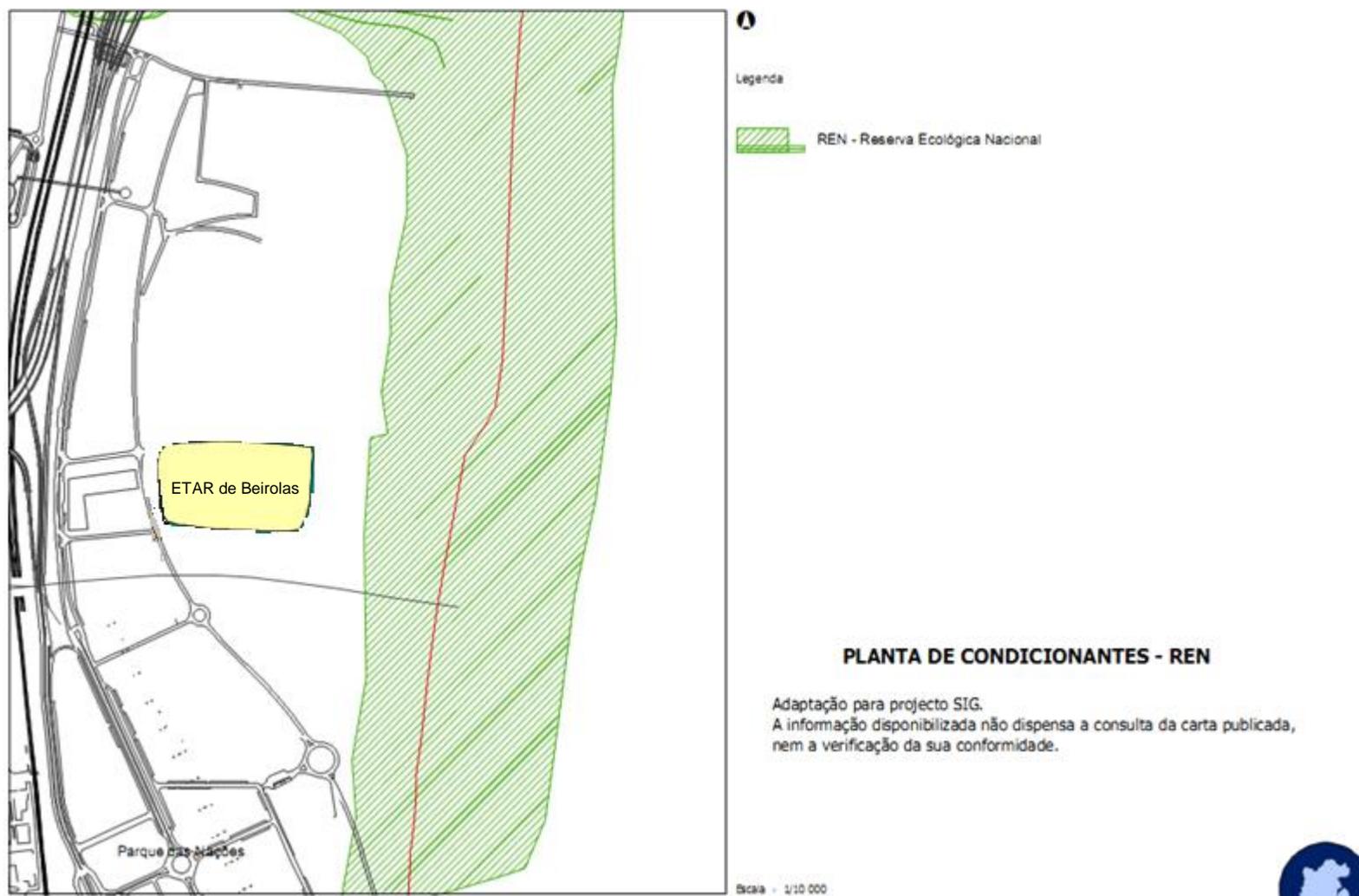


Figura 40 - Localização de área REN no PDM de Loures. Adaptado: Fonte:(C.M.Loures, n.d.).

ANEXO IV – Quadro com lista de espécies da ZPE do Estuário do Tejo.

Quadro 21 - Lista de espécies inseridas na ZPE do estuário do Tejo. Adaptado de: (ICNB, nd).

Espécies da fauna (Anexo II da Directiva 92/43/CEE) na ZPE do estuário do Tejo	
Grupo taxonómico	Designação (* espécies prioritárias a negrito)
Mamíferos	<i>Lutra lutra</i>
	<i>Microtus cabrerae</i>
Peixes	<i>Alosa alosa</i>
	<i>Alosa fallax</i>
	<i>Chondrostoma polylepis</i>
	<i>Lampetra fluviatilis</i>
	<i>Petromyzon marinus</i>
Répteis	<i>Emys orbicularis</i>
	<i>Mauremys leprosa</i>
Aves	<i>Alcedo atthis</i>
	<i>Anas crecca</i>
	<i>Anas penelope</i>
	<i>Anser anser</i>
	<i>Calidris alpina</i>
	<i>Caprimulgus europaeus</i>
	<i>Charadrius alexandrinus</i>
	<i>Chlidonias hybridus</i>
	<i>Ciconia ciconia</i>
	<i>Circus aeruginosus</i>
	<i>Circus cyaneus</i>
	<i>Circus pygargus</i>
	<i>Egretta garzetta</i>
	<i>Elanus caeruleus</i>
	<i>Falco peregrinus</i>
	<i>Glareola pratincola</i>
	<i>Hieraaetus pennatus</i>
	<i>Himantopus himantopus</i>
	<i>Ixobrychus minutus</i>
	<i>Limosa limosa</i>
	<i>Melanocorypha calandra</i>
	<i>Milvus migrans</i>
	<i>Pandion haliaetus</i>
	Passeriformes migradores de caniçais e galerias ripícolas
	Passeriformes migradores de matos e bosques
	<i>Phalacrocorax carbo</i>
	<i>Phoenicopterus ruber</i>
	<i>Platalea leucorodia</i>
	<i>Pluvialis squatarola</i>
	<i>Recurvirostra avosetta</i>
	<i>Sterna albifrons</i>
<i>Tetrax tetrax</i>	
<i>Tyto alba</i>	

ANEXO V – Quadro-base para o cálculo do montante da garantia financeira.

Quadro 22 - Avaliação de risco associado aos ID de ocorrência.

ID Ocorrência	P(X)	Magnitude do Dano (€)	Probabilidade de Ocorrência					Risco Associado (€)					Risco total da ocorrência
			X = n					X = n					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0,00E+00	0,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
2	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
3	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
4	6,72E-04	29.000,00 €	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	19,48	0,01	0,00	0,00	0,00	19,49 €
5	1,22E-02	29.000,00 €	0,0120	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	348,84	2,12	0,01	0,00	0,00	350,97 €
6	0,00E+00	0,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
7	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
8	1,30E-03	0,00 €	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
9	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
10	4,38E-03	29.000,00 €	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	126,46	0,28	0,00	0,00	0,00	126,74 €
11	4,38E-03	29.000,00 €	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	126,46	0,28	0,00	0,00	0,00	126,74 €
12	1,22E-02	29.000,00 €	0,0120	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	348,84	2,12	0,01	0,00	0,00	350,97 €
13	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
14	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
15	0,00E+00	0,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
16	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
17	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
18	1,00E-04	586.400,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	58,63	0,00	0,00	0,00	0,00	58,64 €
19	1,00E-04	586.400,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	58,63	0,00	0,00	0,00	0,00	58,64 €
20	1,75E-03	8.566,67 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,98	0,01	0,00	0,00	0,00	15,00 €
21	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
22	1,75E-03	371.900,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	650,43	0,57	0,00	0,00	0,00	651,00 €

ID Ocorrência	P(X)	Magnitude do Dano (€)	Probabilidade de Ocorrência					Risco Associado (€)					Risco total da ocorrência
			X = n					X = n					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
23	6,91E-02	29.000,00 €	0,0645	0,0022	0,0001	0,0000	0,0000	1869,20	64,55	1,49	0,03	0,00	1.935,25 €
24	0,00E+00	29.000,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
25	1,75E-03	8.566,67 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,98	0,01	0,00	0,00	0,00	15,00 €
26	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
27	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
28	1,00E-04	1.636.800,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	163,66	0,01	0,00	0,00	0,00	163,67 €
29	1,75E-03	401.600,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	702,37	0,62	0,00	0,00	0,00	702,99 €
30	2,74E-15	29.000,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
31	1,00E-04	624.000,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	62,39	0,00	0,00	0,00	0,00	62,40 €
32	1,00E-04	624.000,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	62,39	0,00	0,00	0,00	0,00	62,40 €
33	1,75E-03	363.333,33 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	635,45	0,56	0,00	0,00	0,00	636,00 €
34	5,00E-02	29.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	1379,28	34,48	0,57	0,01	0,00	1.414,35 €
35	1,22E-02	29.000,00 €	0,0120	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	348,84	2,12	0,01	0,00	0,00	350,97 €
36	1,22E-02	29.000,00 €	0,0120	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	348,84	2,12	0,01	0,00	0,00	350,97 €
37	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
38	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
39	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
40	1,00E-04	798.080,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	79,80	0,00	0,00	0,00	0,00	79,80 €
41	1,00E-04	798.080,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	79,80	0,00	0,00	0,00	0,00	79,80 €
42	1,00E-04	798.080,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	79,80	0,00	0,00	0,00	0,00	79,80 €
43	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
44	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
45	1,75E-03	8.222,22 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,38	0,01	0,00	0,00	0,00	14,39 €
46	1,75E-03	8.222,22 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,38	0,01	0,00	0,00	0,00	14,39 €

(continuação)

ID Ocorrência	P(X)	Magnitude do Dano (€)	Probabilidade de Ocorrência					Risco Associado (€)					Risco total da ocorrência
			X = n					X = n					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
47	1,75E-03	8.222,22 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,38	0,01	0,00	0,00	0,00	14,39 €
48	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
49	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
50	3,00E-02	29.000,00 €	0,0291	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	844,29	12,66	0,13	0,00	0,00	857,08 €
51	6,72E-04	29.000,00 €	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	19,48	0,01	0,00	0,00	0,00	19,49 €
52	1,75E-03	0,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
53	1,75E-03	6.666,67 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,66	0,01	0,00	0,00	0,00	11,67 €
54	8,76E-03	29.000,00 €	0,0087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	251,82	1,10	0,00	0,00	0,00	252,93 €
55	2,05E-02	29.000,00 €	0,0201	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	583,77	6,00	0,04	0,00	0,00	589,81 €
56	1,00E-04	0,00 €	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
57	1,75E-03	23.600,00 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	41,27	0,04	0,00	0,00	0,00	41,31 €
58	5,00E-04	0,00 €	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
59	1,75E-03	7.666,67 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,41	0,01	0,00	0,00	0,00	13,42 €
60	5,00E-04	0,00 €	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
61	5,00E-04	0,00 €	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
62	1,75E-03	4.233,33 €	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,40	0,01	0,00	0,00	0,00	7,41 €
63	5,00E-07	0,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
64	5,00E-07	0,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
65	5,00E-07	802.313,33 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40 €
66	2,20E-07	11.200,00 €	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 €
67	5,00E-02	100.000,00 €	0,0476	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	4756,15	118,90	1,98	0,02	0,00	4.877,06 €
Total dos danos ocorridos		9.340.153,33 €											26.619,57 €

(continuação)