

ALCIDES MARQUES PAIS MAMEDE

TÍTULO

RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

APLICADA AO SECTOR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

CASO DE ESTUDO: ATERRO SANITÁRIO DE MATO DA CRUZ

Dissertação apresentada na Universidade Aberta para a obtenção do Grau de Mestre
em Cidadania Ambiental e Participação

[Master's Degree in Environmental Citizenship and Participation]

MARÇO 2014

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Martinho

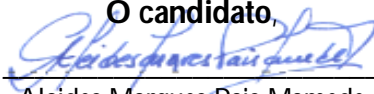
Co – Orientadora: Doutora Ana Isabel Salgueiro



DECLARAÇÕES

Declaro que esta dissertação é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,



Alcides Marques Pais Mamede
Nº 1002459

Lisboa, 24 de Março de 2014

Declaro que esta Dissertação se encontra em condições de ser apresentada a provas públicas.

A Orientadora,

A Co – Orientadora,

Prof. Dr.^a Ana Paula Martinho

Dr.^a Ana Isabel Salgueiro

Lisboa, _____ de _____ de _____

“Se o homem, pelo seu egoísmo pouco clarividente quanto aos seus próprios interesses, pela sua inclinação para desfrutar de tudo o que está à sua disposição, em suma, pela sua indiferença para com o porvir e os seus semelhantes, parece trabalhar para o aniquilamento dos seus meios de conservação e para a destruição da sua própria espécie. Ao destruir por todo o lado os grandes vegetais que protegiam o solo, por objectos que satisfazem a sua avidez do momento, leva rapidamente à esterilidade este solo que habita, dá lugar ao esgotamento das fontes, afasta destas os animais que aí encontravam a sua subsistência e faz com que grandes partes do globo, outrora muito férteis e povoadas em todos os aspectos, estejam agora nuas, estéreis, inabitáveis e desertas. (...) Dir-se-ia que o homem está destinado a exterminar-se a si próprio após ter tornado o globo inabitável”.

J. B. Lamarck, 1829 in Faucheux, S.; Noël, J. F. (1995:7)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Professora Doutora Ana Paula Martinho pela oportunidade de realizar este trabalho de investigação sobre o tema da responsabilidade ambiental, sob a sua valiosa supervisão, pela sua paciência e disponibilidade incansável, apoio, incentivo e contribuição crítica construtiva no sentido de aperfeiçoar o meu trabalho.

Agradeço, também, à minha co-orientadora Doutora Ana Salgueiro que concordou em ser minha orientadora, pois não teria sido possível realizar este trabalho sem o seu valioso saber científico e orientação na área da responsabilidade ambiental e, cujos, comentários e críticas foram sempre construtivos, pela sua disponibilidade incansável, apoio, incentivo e contribuição no desenvolvimento do meu trabalho.

Agradeço ao Professor Doutor Francisco J. Colomer da Universidade Jaume I – Departamento de Engenharia Mecânica e Construção, pela amabilidade em ceder documento científico referente à temática em estudo.

Expresso, também, os meus sinceros agradecimentos ao Engenheiro João Pedro Rodrigues, Presidente da EGF / Valorsul e serviços administrativos, por todo o apoio e cortesia na utilização do Aterro Sanitário de Mato da Cruz, pois só assim foi possível desenvolver o caso de estudo no âmbito da responsabilidade ambiental.

Os meus sinceros agradecimentos ao Engenheiro Dinis de Sousa, Director do Aterro Sanitário de Mato da Cruz, pela excelente recepção e disponibilidade incansável. Pelo extraordinário apoio técnico e administrativo, cedência de dados, reuniões de trabalho, briefings, acompanhamento e visita às instalações/infra-estruturas, explicação técnica do funcionamento e gestão do aterro, na transmissão de um extraordinário saber técnico e científico, pois só assim foi possível desenvolver esta dissertação.

Expresso, também os meus sinceros agradecimentos ao Sr. Arlindo Teixeira, pela excelente contribuição e disponibilidade incansável, pelo acompanhamento e visita às instalações/infra-estruturas, pelo seu saber e explicação técnica do funcionamento e gestão do aterro.

Agradeço, também, à minha família, que me apoiou de forma incondicional, compreensão e incentivo ao longo deste trabalho científico.

SUMÁRIO

A crescente contaminação de locais na Europa passou a ser uma preocupação transversal a todos os sectores da sociedade, desde a opinião pública, comunidade científica ao debate político. A situação traduz-se em riscos significativos para a saúde e numa crescente perda da biodiversidade. Estes factos levaram à elaboração e aprovação da Directiva 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril de 2004, relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais.

O Decreto-lei nº147/2008, de 29 de Julho, relativo à Responsabilidade Ambiental, transpôs para a lei portuguesa a Directiva 2004/35/CE, e consagra a responsabilização financeira do “operador” cuja actividade tenha causado danos ambientais ou a “ameaça iminente” de tais danos, assim como um regime de garantias financeiras obrigatórias para os operadores, cujas actividades estejam elencadas no anexo III do respectivo diploma. As garantias financeiras permitem assegurar a cobertura das possíveis situações de ameaça iminente de dano ambiental causadas por uma actividade ocupacional listada no Anexo III.

O presente estudo visa a aplicação do Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental estabelecido pelo DL RA ao Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Mato da Cruz (ASMC) da VALORSUL.

A metodologia utilizada no caso de estudo é baseada na Norma UNE 150008:2008 de Março, da Associação Espanhola de Normalização e Certificação (AENOR) que estabelece uma metodologia para a análise e avaliação de risco ambiental, cuja utilização está prevista no Real Decreto nº 2090/2008, de 22 de Dezembro, assim como no Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental produzido pela Agência Portuguesa do Ambiente e Instituto de Soldadura e Qualidade.

A avaliação da responsabilidade ambiental do ASMC integrou a aplicação de diferentes etapas/módulos de análise, nomeadamente uma análise de risco ambiental onde foram desenvolvidos e identificados os cenários de acidente com maior nível de risco de ocorrência de situações de ameaça iminente e/ou dano ambiental à luz do DL RA. Incluiu igualmente a caracterização/descrição da envolvente do ASMC, em termos dos recursos naturais presentes na envolvente próxima ao estabelecimento em estudo. Por último foi incluída uma etapa de avaliação do (s) dano (s) ambientais associados ao (s) cenário (s) de maior nível de risco e posterior determinação do respectivo valor monetário.

Esta, configura informação útil para a futura tomada de decisão do operador na escolha do montante a contratualizar na garantia financeira e na selecção da (s) modalidade (s) de garantia (s) financeira (s), mais adequada (s) às especificidades do estabelecimento face às opções previstas no DL RA.

Com a aplicação desta metodologia foi possível identificar e seleccionar o cenário de acidentes de maior risco, referenciado por C_12 (possibilidade de ocorrência de emissão/vazamento de lixiviado, contaminação do solo, interior/exterior das instalações), que foi o que atingiu o somatório de 95% total do risco. Chegou-se a este resultado final com o cálculo das probabilidades de ocorrência e respectivas consequências/afecção sobre o recurso natural protegido, solo. Tendo-se utilizado a técnica de análise por árvores de acontecimentos (ETA - Event Tree Analysis) e da consequente falha do evento iniciador, referenciado por AE_2 (falha no sistema de drenagem dos lixiviados).

A metodologia baseada na Norma UNE 150008:2008 foi fundamental na análise e avaliação de risco ambiental ao determinar o nível de risco baixo e moderado associado aos cenários de acidentes seleccionados sobre o meio natural e respectiva estimativa do valor monetário da garantia financeira de responsabilidade ambiental, no valor de 2.133.226,62 €. Onde se inclui já as medidas de controlo e prevenção (MCP) e o fundo de intervenção ambiental (FIA) e na obrigação de constituir uma garantia financeira.

Os principais resultados obtidos nesta dissertação foram apresentados aos responsáveis pelo ASMC, num workshop, tendo sido solicitado o feedback destes aos diferentes cenários de acidente desenvolvidos; ao cálculo das probabilidades; e ao valor da garantia financeira.

Decorrente da análise de risco foi identificada a necessidade de implementar uma medida de prevenção adicional que consiste num segundo sistema de contenção na área de afluência das escorrências

Na sequência do workshop foi identificada a necessidade de aprofundar a análise das causas e o desenvolvimento das árvores e cenários que originam os prováveis eventos iniciadores associados aos diversos sistemas de contenção através da aplicação da técnica de árvores de falhas.

Palavras-Chave: Responsabilidade ambiental, análise de risco ambiental, danos ambientais, garantias financeiras, aterro sanitário.

ABSTRACT

The increasing contamination of sites in Europe has become a concern across all sectors of society, from public opinion to the scientific community and political debates. The situation was translated into significant health risks and an increasing loss of biodiversity. These facts led to the drafting and adoption of Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage.

The Decree-law n° 147/2008, of 29 July, on the Environmental Liability, transposed into Portuguese law Directive 2004/35/EC and establishes financial accountability of the "operator" whose activity has caused environmental damage or the "imminent threat" of such damages, as well as a system of mandatory financial guarantees for the operators, whose activities are listed in Annex III of the diploma. Financial guarantees allow ensure coverage of possible situations of imminent threat of environmental damage caused by an occupational activity listed in Annex III.

This study focuses on the implementation of the Legal Environmental Liability System established by DL RA to the Sanitary Landfill of Municipal Solid Waste (MSW) of Mato da Cruz (ASMC) of VALORSUL.

The methodology used in this case study is based on the UNE 150008:2008 of March, of the Spanish Association for Standardisation and Certification (AENOR) which establishes a methodology for the analysis and environmental liability risk assessment, the use of which is provided for in Royal Decree n° 2090/2008 of 22 December, as well as the Guide to Imminent Threat Assessment and Environmental Damage produced by the Portuguese Environment Agency and Institute of Welding and Quality.

The assessment of environmental liability of the ASCM integrated the application of different steps/analysis modules, namely an analysis of environmental risk where accident scenarios are developed and identified with higher risk of occurrence of imminent threat and/or environmental damage in the light of DL RA. It also includes the characterization/description of the ASCM's surrounding in terms natural resources present in the environment near the property under study. Finally, the study includes an evaluation stage of environmental damage associated with scenarios of higher level of risk and posterior determination of its monetary value.

This configures useful information for future decision making of the operator in selecting the amount contractually financial assurance and the selection (s) form (s) guarantee (s) financial (s) most appropriate (s) to the specific property from the options provided for in DL RA.

With the use of this methodology it was possible identify and select the scenario of increased risk of accidents, referenced by C_12 (possibility of leakage and escape of leachate, soil contamination (on site/off site), that was what hit the sum of 95% total risk. This result was obtained with the calculation of the likelihood of the occurrence and respective consequences on the protected natural resource, soil. Having been used the technique of analysis of events trees (ETA - Event Tree Analysis) and consequent failure triggering event, referenced by AE_2 (failure of the drainage of leachate system).

The methodology based on the UNE 150008:2008 was instrumental in the analysis and environmental liability risk assessment to determine the level of risk associated with low and moderate scenarios selected consequences on the environment and their estimate of the monetary value of the financial guarantee for environmental liability, in the amount of € 2,133,226.62. Where are included, prevention measures and control (MCP) and environmental intervention fund (FIA) and the obligation to provide financial guarantee for environmental liability.

The main results obtained in this thesis were presented to the responsible for the ASCM, a workshop, and requested feedback from these different accident scenarios developed; the calculus of probabilities; and the value of the financial guarantee.

Arising from the risk analysis a need was identified of implementing an additional measure of prevention that consists in a second containment system, in the area surging of runoff.

In the sequence of the workshop was identified a need to deepen analysis of the causes and development of trees and scenarios, that gives rise to initiators events, associated with the various containment systems by applying the technique of fault trees.

Keywords: Environmental liability, environmental risk assessment, environmental damage, financial guarantees, sanitary landfill.

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	vi
Índice	viii
Índice de figuras	xi
Índice de tabelas	xiii
Siglas e abreviaturas	xvi

Capítulo I – Introdução

1.1 Enquadramento e objectivos	1
1.2 Estrutura da Dissertação	4

Capítulo II – Estado da arte da Responsabilidade Ambiental

2.1 O Conceito de Responsabilidade Ambiental	6
2.1.1 A responsabilidade ambiental nos Estados Unidos América (EUA)	9
2.1.2 A responsabilidade ambiental na União Europeia (EU)	10
2.2 Directiva 2004/35/CE (DRA)	11
2.2.1 Responsabilidade objectiva e subjectiva	12
2.2.2 Principais conceitos e definições da DRA	13
2.2.2.1 Dano ambiental	13
2.2.2.2 Significância do dano ambiental	14
2.2.2.3 Reparação dano ambiental	16
2.2.2.4 Reparação de danos a espécies e habitats naturais protegidos e água--	17
2.2.2.5 Reparação de danos causados ao solo	20

2.2.3 Garantias financeiras no âmbito da Directiva 2004/35/CE -----	21
2.3 Decreto-Lei nº 147/2008 de Responsabilidade Ambiental (DL RA) / Portugal ---	24
2.4 Lei 26/2007, de 23 Outubro, de Responsabilidade Ambiental/Espanha -----	32
2.5 Análise de risco ambiental -----	36
2.5.1 Definições -----	36
2.5.2 Metodologias de análise e avaliação de risco ambiental adoptadas pelos EM, no contexto da directiva relativa à responsabilidade ambiental -----	37
2.5.2.1 Espanha -----	38
2.5.2.2 Inglaterra -----	42
2.5.2.3 Irlanda -----	43

Capítulo III – Caracterização da actividade dos Aterros Sanitários de RSU

3.1 Enquadramento histórico e legal -----	45
3.2 Caracterização e conceito de aterro sanitário -----	51
3.3 Análise histórica de acidentes em Aterros Sanitários -----	58

Capítulo IV – Metodologia

4.1 Análise de risco ambiental no contexto da responsabilidade ambiental: Norma UNE 150 008: 2008-----	67
4.1.1 Identificação de perigos e eventos iniciadores -----	70
4.1.2 Desenvolvimento de cenários de acidente -----	71
4.1.3 Atribuição da magnitude das consequências -----	72
4.1.4 Atribuição do nível de probabilidade de ocorrência -----	75
4.1.5 Estimativa do risco -----	75
4.1.6 Hierarquização dos cenários de acidente -----	76
4.2 Avaliação de danos ambientais -----	78
4.3 Reparação de danos e estimativa monetária -----	81

Capítulo V – Caso de estudo: Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos de Mato da Cruz (ASMC)

5.1 Caracterização e descrição do ASMC -----	83
5.1.1 Controlo ambiental -----	86
5.1.2 Sistema de drenagem e queima de biogás -----	87
5.1.3 Sistema de drenagem e tratamento de lixiviados -----	88
5.2 Descrição da envolvente do ASMC e análise qualitativa das áreas de maior sensibilidade ambiental -----	89
5.3 Análise de risco ambiental -----	97
5.3.1 Identificação de fontes de perigo e eventos iniciadores -----	98
5.3.2 Desenvolvimento de cenários de acidente -----	109
5.3.3 Atribuição da magnitude das consequências -----	115
5.3.4 Atribuição do nível de probabilidade de ocorrência -----	123
5.3.5 Estimativa do risco -----	124
5.4 Avaliação dos danos ambientais -----	127
5.5 Identificação das medidas de reparação e estimativa monetária da responsabilidade ambiental -----	129
5.6 Resultados obtidos no workshop realizado no Aterro Sanitário de Mato da Cruz -	134

Capítulo VI – Conclusões finais e recomendações

6.1 Conclusões finais e recomendações -----	138
Referências bibliográficas -----	146
Anexos -----	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Regimes de Responsabilidade da DRA -----	12
Figura 2.2 Representação Gráfica de reparação primária -----	18
Figura 2.3 Representação Gráfica de reparação complementar -----	19
Figura 2.4 Representação Gráfica de reparação compensatória -----	20
Figura 2.5 Instrumentos GF para cobertura de responsabilidade ambiental -----	22
Figura 2.6 Procedimentos gerais de actuação no âmbito do Regime RA -----	30
Figura 2.7 Diagrama apoio na identificação instrumentos p/análise de risco ambiental	39
Figura 3.1 Evolução do número de aterros sanitários e de lixeiras entre 1996 e 2007 ---	46
Figura 3.2 Gráfico % RU por operação de gestão, Portugal Continental, 2005/2010 ---	47
Figura 3.3 Anatomia de um aterro -----	51
Figura 3.4 Potenciais impactes ambientais de aterros sanitários -----	56
Figura 4.1 Processo interactivo -----	68
Figura 4.2 Esquema geral da metodologia de análise de riscos -----	69
Figura 4.3 Exemplo de Árvore de eventos -----	71
Figura 4.4 Metodologia da garantia financeira -----	77
Figura 4.5 Esquema metodológico -----	80
Figura 5.1. Localização do ASMC -----	83
Figura 5.2 Perímetro do ASMC -----	91
Figura 5.3 Sentidos possíveis das escorrências -----	96
Figura 5.4 Identificação das zonas, das instalações/equipamentos -----	98
Figura 5.5 Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_1-----	111
Figura 5.6 Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_2-----	112

Figura 5.7 Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_3-----	113
Figura 5.8 Árvore de eventos. Evento iniciador – EE_8-----	114
Figura 5.9 Área de influência possível afectação -----	128
Figura 5.10 Foto do workshop. Apresentação dados finais da investigação no ASMC--	134

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Aspectos relevantes da Directiva 2004/35/CE e os Produtos financeiros de seguros disponíveis -----	23
Tabela 2.2 Modalidades de garantias financeiras – DL nº 147/2008-----	31
Tabela 2.3 Modalidades de garantias financeiras – Lei nº 26/2007-----	33
Tabela 2.4 Etapas da análise do risco ambiental-----	40
Tabela 3.1 Regimes jurídicos (legislação em vigor) -----	51
Tabela 3.2. Parâmetros críticos dos lixiviados -----	54
Tabela 3.3. Detecção de incêndios subterrâneos -----	61
Tabela 3.4 Principais problemas geotécnicos -----	63
Tabela 3.5 Resumo acidentes ocorridos em aterros sanitários últimos 20 anos (1991 a 2012) -----	63
Tabela 3.6 Resumo de eventos iniciadores identificados ocorridos em aterros sanitários – 1991 a 2012 -----	66
Tabela 4.1 Definição dos conceitos/critérios para estimar as consequências -----	72
Tabela 4.2 Quantidade de substancias emitidas sobre o ambiente -----	73
Tabela 4.3. Perigosidade inerente das substâncias -----	73
Tabela 4.4 Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado ---	74
Tabela 4.5 Área afectada em função do meio e sua reversibilidade -----	74
Tabela 4.6 Escala classificação consequências -----	74
Tabela 4.7 Escala de probabilidade/frequência de ocorrência -----	75
Tabela 4.8 Matriz de avaliação de risco -----	76
Tabela 4.9 Avaliação da tolerabilidade do risco/escala qualitativa -----	76
Tabela 4.10 Descritores naturais identificados no âmbito do DL RA -----	78

Tabela 4.11 Avaliação da intensidade do dano sobre os receptores -----	79
Tabela 5.1 Deposição autorizada de resíduos em aterros -----	84
Tabela 5.2 Unidades operacionais -----	85
Tabela 5.3 Estruturas de apoio -----	85
Tabela 5.4 Aterro/Deposição de resíduos/área ocupada -----	85
Tabela 5.5 Medidas de segurança e prevenção/ASMC -----	97
Tabela 5.6 Identificação das zonas/instalações/equipamentos -----	99
Tabela 5.7 Identificação/caracterização de fontes perigo/substâncias identificadas e existentes no interior das instalações -----	99
Tabela 5.8 Dados da composição dos lixiviados em aterros novos e velhos -----	102
Tabela 5.9 Concentrações e efeitos fisiológicos da exposição ao dióxido de carbono	104
Tabela 5.10 Zonas do aterro, fontes perigo, eventos iniciadores identificados, causas e probabilidades -----	105
Tabela 5.11 Eventos iniciadores/medidas prevenção/contenção implementadas -----	106
Tabela 5.12 Cenários de acidentes seleccionados -----	115
Tabela 5.13 Quantidade de substâncias emitidas sobre o ambiente (Tm) -----	116
Tabela 5.14 Perigosidade inerente das substâncias -----	117
Tabela 5.15 Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado -	119
Tabela 5.16 Espaços naturais protegidos-----	120
Tabela 5.17 Critérios utilizados para as categorias de protecção de espécies -----	120
Tabela 5.18 Critérios utilizados para reversibilidade do dano/recuperação -----	121
Tabela 5.19 Área afectada em função do meio e reversibilidade (temporalidade) -----	121
Tabela 5.20 Avaliação dano/consequências - Cenários acidentes -----	121
Tabela 5.21 Avaliação gravidade/consequências - Cenários acidentes -----	122
Tabela 5.22 Avaliação da Gravidade das consequências -----	122

Tabela 5.23 Critérios para o factor probabilidade-----	123
Tabela 5.24 Escala de probabilidade/frequência de ocorrência -----	123
Tabela 5.25 Matriz de avaliação de risco -----	124
Tabela 5.26 Avaliação da tolerabilidade do risco/escala qualitativa-----	124
Tabela 5.27 Nível de risco associado aos cenários de acidente-----	124
Tabela 5.28 Análise qualitativa, resumo dos cenários de acidentes seleccionados-----	125
Tabela 5.29 Quantificação dos danos ambientais-----	128
Tabela 5.30 Custos de técnicas de limpeza/reparação de solos-----	130
Tabela 5.31 Nível de risco associado a cada cenário-----	130
Tabela 5.32 Determinação dos cenários que agrupam 95% do risco total-----	131
Tabela 5.33 Custos estabelecidos no artigo 11.º do DL RA-----	133

SIGLAS E ABREVIATURAS

AENOR	- Asociación Española de Normalización y Certificación
ASMC	- Aterro Sanitário de Mato da Cruz
CTRSU	- Central de Tratamento de RSU
BREF	- Best Available Techniques Reference Document
DRA	- Directiva Responsabilidade Ambiental
DL RA	- Decreto-lei de Responsabilidade Ambiental
EPA	- US Environmental Protection Agency
ETAL	- Estação de Tratamento de Lixiviados
EC50	- Concentration effective against 50 per cent of the organisms or animals tested (concentração efectiva média)
ITVE	- Instalação de tratamento e valorização de escórias
PDM	- Plano Director Municipal de Vila Franca de Xira
ECB	- European Chemicals Bureau
ICNB	- Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade
IGM	- Instituto Geológico e Mineiro
INAG	- Instituto Nacional da Água
LC50	- Concentration lethal to 50 per cent of the organisms or animals tested (concentração letal média)
LMm	- Limiares mássicos mínimos
LMM	- Limiares mássicos máximos

MTD	- Melhores Tecnologias Disponíveis no Mercado
MIRAT	- Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo
MORA	- Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental
PCIP	- Prevenção e Controlo Integrados da Poluição
RAN	- Reserva Agrícola Nacional
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
REN	- Reserva Ecológica Nacional
VLE	- Valor limite de emissão

Capítulo I – Introdução

1.1 Enquadramento e objectivos

Este trabalho de investigação sobre Responsabilidade Ambiental aplicada ao Sector dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) justifica-se pela relevância do tema, reflectindo preocupações em relação à qualidade do ambiente, da urgente necessidade de proteger os componentes ambientais, a saúde humana, um sentimento transversal a toda a sociedade.

A transposição da Directiva 2004/35/CE de 21 de Abril (DRA) para a ordem jurídica interna, através do Decreto-lei nº147/2008, de 29 de Julho, veio estabelecer o Regime Jurídico da Responsabilidade Ambiental. Este Diploma legal configura um instrumento jurídico e político, regulador da responsabilidade ambiental dos operadores, os quais passam a ter a obrigação de prevenir e reparar os danos ambientais, com base na aplicação do Princípio do Poluidor-Pagador¹ (Videira *et al.*, 2005).

Este princípio foi adoptado pela OCDE em 1972 como um princípio económico para a afectação dos custos de controlo da poluição. Na sua formulação inicial este princípio estabelece que os poluidores devem suportar os custos da prevenção da poluição e das medidas de controlo, entendidas como “medidas impostas pelas autoridades públicas para garantir um estado do ambiente aceitável”. Ou seja, o poluidor deve suportar os custos das medidas que é legalmente obrigado a implementar para proteger o ambiente, tais como medidas de redução da poluição da fonte ou medidas de tratamento de efluentes (Antunes *et al.*, 2002).

A fim de dar cumprimento à responsabilização dos operadores perante os danos ambientais, o Regime Jurídico de Responsabilização Ambiental impõe aos operadores, cujas actividades se verifiquem listadas no anexo III, uma garantia financeira obrigatória, assim como, a obrigatoriedade de adoptar medidas de reparação em caso de ocorrência de danos ambientais e/ou de prevenção para eliminação da ameaça iminente e consequente prevenção do dano.

¹ Em 1975, a Comunidade Europeia reconheceu o Princípio do Poluidor-Pagador como um dos pilares da política de ambiente comunitária (OECD, 1994), tendo sido integrado no Acto Único Europeu em 1987, e mais tarde, em 1992 no Tratado de Maastricht. Este princípio também se encontra integrado na Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento. No plano nacional o Princípio do Poluidor-Pagador encontra-se consagrado no artigo 3º da Lei de Bases do Ambiente.

- Princípio de referência política que estabelece que os custos de combate e redução da poluição devem ser suportados pelo poluidor. Segundo o Princípio do Poluidor-Pagador, o operador que cause danos ambientais ou crie a ameaça iminente desses danos deve, em princípio, custear as medidas de prevenção ou reparação necessárias. Se a autoridade competente actuar, por si própria ou por intermédio de terceiros, em lugar do operador, deve assegurar que o custo em causa seja cobrado ao operador. Também se justifica que os operadores custeiem a avaliação dos danos ambientais ou, consoante o caso, da avaliação da sua ameaça iminente.

Perante este cenário, o operador ganha benefícios na redução do risco e na prevenção de acidentes/incidentes que causem ameaças ou danos ambientais, garantindo o cumprimento e conformidade com a legislação ambiental em vigor, relacionada com o desempenho da actividade, protegendo os descritores ambientais em si.

Face às obrigações dos operadores das actividades constantes do Anexo III do DL RA, considera-se que existe um incentivo que cria a necessidade de cada actividade identificar antecipadamente, as ocorrências que podem originar danos ambientais no interior e envolvente das instalações.

Foi seleccionado como caso de estudo o Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos de Mato da Cruz (ASMC), com o objectivo de determinar a exposição do aterro à responsabilidade ambiental face ao estabelecido no DL RA.

Para o efeito estabelecem-se os seguintes objectivos específicos que configuram diferentes etapas da metodologia de trabalho propostas:

Obj. 1	– Análise de risco ambiental do ASMC, nomeadamente desenvolvimento dos cenários de acidente com maior nível de risco de ocorrência de (ameaças iminente) danos ambientais;
Obj. 2	– Avaliação do valor do dano associado aos cenários com maior nível de risco, e do respectivo valor monetário (valores que suportam a tomada de decisão do operador na selecção do montante a contratualizar na garantia financeira, assim como na escolha da (s) melhor modalidade (s) de garantias financeiras, previstas no DL RA, mais adequada (s) em termos de cobertura das possíveis situações de ameaças iminentes ou danos ao ambiente do aterro);
Obj. 3	– Realização de um workshop no ASMC da VALORSUL, com o propósito de apresentar os principais resultados que se obteve neste trabalho de investigação e receber o feedback dos responsáveis do aterro sobre os resultados apresentados.

Para cumprimento dos objectivos específicos definidos na presente dissertação, a recolha de informação, a identificação e caracterização do conjunto de elementos para executar as etapas de trabalho em que se vai construir os potenciais cenários de risco, foram organizadas de forma temporal, conforme se descreve abaixo:

Fase_1	Etapa_1	– Pesquisa bibliográfica e documental, elaboração de registo histórico de ocorrências de acidentes/incidentes externos em instalações da mesma tipologia ou comparáveis similares (aterros sanitários) e medidas de actuação prévias à ocorrência dos eventos susceptíveis ao dano ambiental;
	Etapa_2	– Reunião de coordenação com entidade responsável, apresentação e briefing do estado da arte do ASMC. Diagnóstico e recolha de documentação e informação relevante, relativa ao funcionamento das unidades operacionais, tecnologias utilizadas, assim como recolha de elementos do estado inicial ou situação de referência dos recursos naturais presentes no interior das instalações e na sua envolvente;
	Etapa_3	– Visita às instalações do ASMC, observação e análise das áreas trabalho, nomeadamente, células de RSU, de cinzas inertizadas, instalação de tratamento e valorização de escórias (ITVE), lagoas de regularização, estação de tratamento de lixiviados (ETAL) e sistemas de monitorização e controle ambiental de produção de lixiviados e biogás. Identificação de possíveis fontes de perigo, cenários susceptíveis de risco.
Fase_2	Etapa_1	– Revisão e actualização da informação recolhida na Fase_1 e análise de risco ambiental, segundo a Norma UNE 150008:2008 da Associação Espanhola de Normalização e Certificação (AENOR), tendo presente a periodicidade ou frequência do evento e magnitude do dano referente a cada cenário identificado, para o ASMC de RSU, o qual pode causar danos ambientais significativos devido ao poder contaminante dos resíduos confinados;
	Etapa_2	– Descrição dos potenciais cenários de risco e avaliação do valor do dano ambiental associado a cada cenário de risco, através da inventariação dos custos associados a medidas de contenção e controlo, prevenção e reparação primária de ameaças iminentes e/ou danos ambientais. Aplicação dos procedimentos no âmbito do Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental (APA, ISQ, 2011), nomeadamente para os procedimentos de caracterização/descrição dos recursos naturais presentes na envolvente próxima ao estabelecimento em estudo e determinação da reparação primária referente aos possíveis danos aos descritores ambientais protegidos pela lei vigente de responsabilidade ambiental.

1.2 Estrutura da Dissertação

Na presente dissertação não foi adoptado o novo acordo ortográfico e encontra-se organizada em seis capítulos, nomeadamente:

No capítulo I é apresentado um enquadramento e justificação/relevância referente ao tema do estudo, onde são definidos os objectivos específicos os quais configuram as diferentes etapas de trabalho desenvolvido.

No capítulo II é apresentado o enquadramento legal e evolução temporal da responsabilidade ambiental e o estado da arte, no que respeita a métodos/metodologias de avaliação de risco ambiental, medidas de reparação de danos ambientais, desenvolvidos no âmbito da DRA. É ainda apresentada a situação relativamente às garantias financeiras no âmbito da DRA, para os diferentes Estados – membros (EM) com especial ênfase para Portugal e Espanha.

No capítulo III é apresentado uma caracterização/descrição geral dos aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e uma análise histórica de acidentes em aterros sanitários à escala global identificando, sempre que possível os respectivos perigos/eventos iniciadores desses acidentes.

No capítulo IV é apresentada a metodologia utilizada no caso de estudo, baseada na Norma UNE 150008:2008 para a análise e avaliação de risco ambiental. Aplicação dos procedimentos no âmbito do Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental, da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) de Outubro de 2011, na caracterização/descrição dos recursos naturais e quantificação da reparação primária e cálculo do montante a contratualizar na garantia financeira.

No capítulo V é apresentado o estudo de caso do ASMC. Inclui, uma caracterização/descrição do ASMC e dos recursos naturais presentes na envolvente próxima ao aterro em estudo, uma análise de risco ambiental, a quantificação dos danos ambientais e identificação das medidas de reparação e estimativa monetária da responsabilidade ambiental.

Realização de um workshop no ASMC da VALORSUL, propósito de apresentar os principais resultados que se obteve neste trabalho de investigação e receber o feedback dos responsáveis do aterro sobre os resultados apresentados.

No capítulo VI são apresentadas as conclusões e reflexões mais relevantes deste estudo, assim como algumas recomendações futuras.

Além dos capítulos atrás referenciados, a presente dissertação é composta por um conjunto de anexos com informação relevante para o desenvolvimento da temática em questão.

Capítulo II – Estado da Arte da Responsabilidade Ambiental

2.1 O Conceito de Responsabilidade Ambiental

Assistimos nestas últimas décadas a uma vasta série de acidentes industriais com consequências ecológicas graves, resultantes de actividades antropogénicas. Um despertar de tomada de consciência em relação aos problemas crescentes da degradação do ambiente, desde a poluição do ar, da água, do solo, da contaminação dos oceanos, da diminuição da biodiversidade, das alterações climáticas. Uma preocupação que passou a fazer parte do discurso político nacional e internacional, assim como do mundo empresarial.

O conceito de responsabilidade ambiental emergiu na sequência de graves acidentes resultantes de actividades humanas, com penosas consequências para o ambiente (Salgueiro, 2013).

O século passado foi pautado por numerosos desastres tecnológicos e naturais com consequências ou danos graves para o meio ambiente.

- 24 de Março de 1989 o derramamento de petróleo da Exxon Valdez na costa do Alasca, originando um derrame de cerca de 37.000 toneladas de petróleo, causando um dos mais graves acidentes ecológicos. Estimativas preliminares apontam para milhares de animais marinhos mortos (Holland-Bartels, 2002).

- 25 de Abril de 1998, ocorreu outro acidente com enormes danos ecológicos. A bacia de decantação da mina Boliden – Apirsa, localizada em Aznalcóllar (Sul de Espanha), proximidades da reserva natural Doñana, sofreu uma rotura e consequente vazamento de aproximadamente 4 Hm³ de águas ácidas e 2 Hm³ de lamas tóxicas, contendo altos teores de metais pesados, provocando danos colossais no ambiente circundante, poluindo importantes recursos naturais, (Sjöstedt, 2001 *in* Roque, 2009; COM (2000) 66 final).

Um ano mais tarde, o naufrágio do Erica no Golfo da Biscaia que provocou a poluição da costa francesa, causando o sofrimento e a morte dolorosa de várias centenas de milhares de aves marinhas e outros animais (COM (2000) 66 final).

Já neste século, também se assistiu a alguns desastres tecnológicos e naturais com consequências ou danos graves para o meio ambiente:

- 20 de Abril de 2010 explosão na plataforma petrolífera Deepwater Horizon, da empresa Brititsh Petroleum (BP) e posterior vazamento de crude no Golfo do México em 20 de Abril de 2010, causando 11 mortes e, a fuga de cerca de 50 mil barris de crude por dia, durante 3 meses até que se conseguisse selar o poço situado em águas profundas. Tendo sido estimado o equivalente a 5 milhões de barris de crude derramados no Golfo do México. Considerado um dos piores desastres do ponto de vista de perdas económicas, impactos sociais e danos ambientais (BP, 2011).

- 4 de Outubro de 2010, em Ajka, na Hungria, ocorreu um enorme acidente ambiental numa fábrica de alumínio, provocado por uma rotura num reservatório, libertando um volume estimado em 700 mil m³ de lamas altamente tóxicas e alcalinas, (alumina) “lama vermelha”, com cerca de 2 metros de altura, sobre uma área de 40km², poluindo à sua passagem solos e rios da região de Ajka, chegando inclusive ao rio Danúbio. (Gelencser *et al*, 2011; ACE, 2011).

- 11 de Março de 2011, as forças da natureza (terremoto seguido de tsunami) imprevisivelmente foram a fonte de ignição do acidente tecnológico na central termonuclear de Fukushima no Japão, originando a destruição/desactivação dos sistemas de arrefecimento auxiliares de emergência, geradores situados no subsolo, e consequente falha no fornecimento de energia. Causando o sobreaquecimento de 3 reactores nucleares e, posteriores explosões e incêndios/fusão parcial dos reactores, emissão de altas doses de radioactividade e contaminação de grande quantidade de água alojada no interior da central termonuclear (WNA, 2013).

Estes eventos demonstraram a necessidade de desenvolver instrumentos que incentivem a tomada de comportamentos preventivos e que fomentem a adopção de procedimentos de gestão de risco. “As empresas enfrentam riscos ambientais que variam em magnitude de empresa para empresa e podem ter importantes implicações económicas, estando as questões ambientais cada vez mais consideradas em todos os aspectos de uma actividade empresarial” (Salgueiro, 2002).

A responsabilidade ambiental é um instrumento utilizado através do qual a responsabilidade financeira por danos ambientais é transferida para os responsáveis pelo dano. Uma vez que o objecto da responsabilidade (dano ambiental) e os mecanismos de sua execução (obrigação de remediar ou compensar os danos) são definidos, a questão crucial é a atribuição de responsabilidade pelo dano (DL RA; OCDE, 2012).

O conceito de responsabilidade ambiental está alicerçado no conceito de Desenvolvimento Sustentável o qual surge no ano de 1987 do século passado, no Relatório da Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, conhecido por Relatório Brundtland: “O Nosso Futuro Comum²”. Relacionando o problema da protecção do ambiente com o do desenvolvimento, tendo sido definido como aquele que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras, de satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Seguidamente na Conferência do Rio que se realizou no ano de 1992 do século passado sobre o “Ambiente e Desenvolvimento” onde foram adoptados cinco instrumentos, entre os quais, a sublinhar:

- A Convenção sobre as Alterações Climáticas e;
- A Convenção sobre a Diversidade Biológica.

Tendo sido subscrita a Declaração do Rio, consagrando 27 princípios que confirmavam parte dos princípios enunciados em Estocolmo, a destacar:

- O princípio da precaução que faz recair sobre o potencial operador o ónus da prova da inocuidade de uma actividade, considerada perigosa para o ambiente. Responsabilizando o operador a favor do ambiente, uma obrigação na implementação de medidas adequadas à sua não verificação, caso se suspeite sobre a possibilidade da sua ocorrência. A acção para eliminar possíveis impactes danosos no ambiente deverá ser tomada, antes de umnexo causal ter sido estabelecido com uma evidência científica absoluta (Sá, 2011).

Remetendo à década de 70 do século passado, o princípio do “poluidor-pagador” é um dos princípios basilares da política comunitária em matéria de ambiente, aplicável em todo o território europeu. Tendo sido já referido no 1º Programa Comunitário de Acção em matéria de ambiente no ano de 1973. Surgindo no Tratado em 1987, Acto Único Europeu³ (nº 2 do artigo 174º do Tratado CE) e no Tratado de Amesterdão (CE, 1999; Canotilho, 1998).

² Documentos da ONU “Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: “Nosso Futuro Comum”. Capítulo 2: Rumo ao Desenvolvimento Sustentável.

³ O Acto Único Europeu refere-se ao princípio do “poluidor-pagador” como um dos princípios em que se baseia a política de ambiente. O Tratado de Maastricht introduziu uma nova referência a esse princípio no nº 5 do artigo 175º, relacionada com a possibilidade de o Fundo de Coesão financiar medidas da política ambiental da Comunidade, “sem prejuizo do princípio do poluidor-pagador”. Comissão Europeia. Novo período de programação de 2000-2006: documentos técnicos por tema Documento Técnico nº 1. Aplicação do

Neste contexto o conceito de responsabilidade ambiental, para além do dever de reparação, estabelece ainda que os operadores devem actuar de forma preventiva quando se verificar uma ameaça eminente de dano ao ambiente ou de novos danos subsequentes a uma lesão já ocorrida.

2.1.1 A responsabilidade ambiental nos Estados Unidos da América (EUA)

A responsabilidade ambiental nos Estados Unidos está consagrada na lei federal Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, promulgada em 11 de Dezembro de 1980, (denominada CERCLA) mais conhecida como Superfund, e respectivas actualizações em 17 de Outubro de 1986, Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) e na lei Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), de 1976 e respectivas alterações em 1984, Hazardous and Solid Waste Amendments (HSWA).

Estas leis estabelecem, de forma distinta, regimes de responsabilidade ambiental que envolvem a limpeza de locais contaminados por materiais perigosos (Salgueiro, 2013).

A lei CERCLA estabeleceu um fundo federal, "Superfund Trust Fund" (com recursos iniciais de 1,6 bilhão de dólares, aumentados em 1986, para 8,5 bilhões de dólares) para financiar acções de limpeza de resíduos perigosos e de recuperação, no sentido de permitir ao Governo actuar rapidamente para eliminar qualquer ameaça à saúde humana e minimizar os riscos futuros das instalações seriamente contaminadas. As empresas podem ser responsabilizadas pelo depósito de resíduos no passado mesmo se, nessa época, tal acção não era ilegal. Estabelecer proibições e obrigações no que diz respeito a locais de resíduos perigosos abandonados.

Após o acidente do petroleiro da Exxon Valdez em 1989, (em grande parte em resposta à crescente preocupação pública), foi criado o Oil Pollution Act (lei OPA em Agosto de 1990) órgão independente da CERCLA, com o propósito de prevenir e agir em particular, no caso de danos causados por derramamento de hidrocarbonetos.

Esta lei estabelece disposições que reforçam a capacidade do Governo federal de proporcionar os recursos monetários necessários para responder a derrames de hidrocarbonetos. É criado um fundo nacional, Oil Spill Liability Trust Fund⁴, no valor de

princípio do "poluidor-pagador". Modulação das taxas do apoio comunitário às operações de infra-estruturas dos Fundos estruturais, do Fundo de Coesão e do ISPA.

⁴ EPA, Superfund. <http://www.epa.gov/superfund/spanish/acerca.htm>.

um bilhão de dólares por incidente, derrame, para financiar os custos, quando o poluidor (responsável) é desconhecido ou perante uma incapacidade de solvência.

O regime de responsabilidade ambiental estabelecido nos Estados Unidos – o Superfund – é mais ambicioso que o desenvolvido na Europa: na medida que estabelece um regime de responsabilidade objectiva aplicável aos poluidores responsáveis por causarem poluição da água e solos em locais identificados como prioritários. Os poluidores têm responsabilidade ilimitada no que respeita aos danos causados à flora e fauna. A lei estabelece também um regime de responsabilidade retroactiva e um regime de responsabilidade conjunta e solidária. A definição de responsável e da tipologia dos danos cobertos é mais ampla, não existindo um limite monetário para a responsabilidade (Rios e Salgueiro, 2012; Salgueiro, 2013).

2.1.2 A responsabilidade ambiental na União Europeia (EU)

O desenvolvimento do regime jurídico na União Europeia (UE) alicerçou-se na experiência dos Estados Unidos da América (EUA). No ano de 1989 a Comissão Europeia publicou uma proposta para um regime de responsabilidade civil por danos causados por resíduos, revogado em 1991.

Este relatório conferia uma responsabilidade objectiva para os poluidores e definia dano ecológico como uma significativa deterioração física, química ou biológica do ambiente.

O Livro Verde, explicita o princípio do poluidor – pagador (desde a adopção do Acto Único) e a responsabilidade civil a qual constitui um instrumento jurídico que obriga o autor da poluição a pagar os custos dos prejuízos daí resultantes. O princípio da prevenção aplica-se aos potenciais poluidores que, tendo conhecimento de que serão economicamente responsáveis pela reparação dos danos que causam, têm um forte incentivo para evitar a produção de tais danos (COM (1993) 47 final).

O Livro Branco, da Comissão das Comunidade Europeias, nos termos do nº 2 do artigo 174 do Tratado CE explicita que “A política da Comunidade no domínio do ambiente (...) basear-se-á nos princípios da precaução e da acção preventiva, da correcção, prioritariamente na fonte, dos danos causados ao ambiente e do poluidor-pagador”. Assim como a responsabilidade ambiental visa obrigar o causador de danos ambientais (o

poluidor) a pagar a reparação dos danos que causou. Este documento dispõe também de uma descrição das possíveis características principais de um futuro regime comunitário de responsabilidade ambiental na União Europeia (EU) (COM (2000) 66 final).

A 30 de Abril de 2004 foi publicada a Directiva 35/2004, que deveria ter sido transposta para a legislação nacional dos Estados membros dentro dos três anos seguintes. No geral, a Directiva mantém as orientações da proposta. Além disso, relativamente às garantias financeiras, elas não serão obrigatórias, deixando aos Estados membros a decisão de estabelecer ou não a sua obrigatoriedade.

2.2 Directiva 2004/35/CE (DRA)

Neste capítulo são apresentadas as principais características, conceitos e desafios da Directiva 2004/35/CE, de 21 de Abril, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação dos danos ambientais, alterada pela Directiva 2006/21/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Março, relativa à gestão dos resíduos de indústrias extractivas, e Directiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril, relativa ao armazenamento geológico de dióxido de carbono.

A filosofia da Directiva de Responsabilidade Ambiental (DRA) institui um enquadramento jurídico baseado na implementação do princípio do “poluidor-pagador”, do princípio da prevenção e num nível mais abrangente no princípio do desenvolvimento sustentável. Todavia, o esforço é fixado no princípio da responsabilização financeira do operador, na medida que exorta o operador a tomar as medidas preventivas necessárias e a adoptar certas práticas para reduzir os riscos ambientais. Espera-se que, como consequência, haverá um maior grau de protecção do ambiente por toda a Europa (CEA, 2009).

No entanto para a responsabilidade ser eficaz, os poluidores devem ser claramente identificados. Para o efeito, a DRA prevê dois regimes de responsabilidade distintos mas complementares. O primeiro é baseado na responsabilidade objectiva e aplica-se aos operadores que realizam actividades perigosas, como definidas no anexo III da DRA.

O segundo regime é baseado na culpa, subjectiva, e aplica-se a todas as outras actividades empresariais. Ambos os regimes de responsabilidade, aplicam-se à “ameaça

iminente de danos em razão das actividades relevantes”. Ameaça iminente de danos significa “uma probabilidade suficiente de que ocorra um dano ambiental no futuro”, tema a desenvolver na subsecção seguinte (CEA, 2009).

2.2.1 Responsabilidade objectiva e subjectiva

Como referido atrás a Directiva de Responsabilidade Ambiental (DRA) elenca um duplo regime de responsabilidade, ou seja responsabilidade objectiva e subjectiva:

- **Responsabilidade objectiva**

Aplica-se aos danos ambientais ou ameaça iminente desses danos causados pelas actividades ocupacionais listadas no Anexo III da DRA (ex., PCIP, gestão de resíduos sujeita a licença ou registo, etc.).

Este tipo de responsabilidade significa que basta que exista um elo causal entre a actividade ocupacional e o dano ambiental, não sendo necessário existir qualquer dolo ou negligência por parte do operador da actividade que a despolete, representado na figura 2.1 (CE, 2008).

- **Responsabilidade Subjectiva**

Significa por outro lado que o operador da actividade ocupacional, através de uma acção ou omissão deliberadas, ou negligência, causou o dano ambiental, sendo obrigado a adoptar medidas de prevenção e reparação do dano ou ameaça causada. Aplica-se aos danos causados a espécies e habitats naturais protegidos mas não à água e aos solos. Este tipo de responsabilidade é aplicável a todas as actividades não listadas no Anexo III da DRA, conforme se indica na figura 2.1 (CE, 2008).

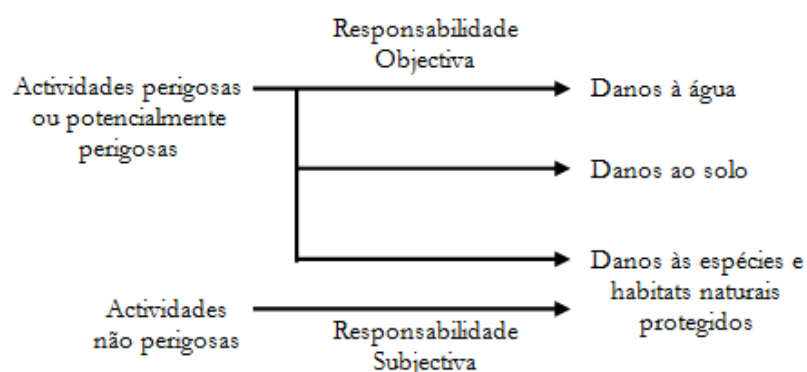


Figura 2.1. Regimes de Responsabilidade da DRA. Fonte: (CE, 2008).

2.2.2 Principais conceitos e definições da DRA

2.2.2.1 Dano ambiental

Nos termos da Directiva 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril de 2004 (DRA), o objectivo foi estabelecer um quadro comum de prevenção e reparação de danos ambientais a custos razoáveis para a sociedade.

Este diploma legal estabelece também que os danos ambientais abrangem igualmente os danos causados pela poluição atmosférica, na medida em que causem danos à água, ao solo e, às espécies ou aos habitats naturais protegidos.

Para uma análise e avaliação de riscos ambientais, torna-se necessário definir o conceito disposto no artigo nº 2 da DRA, “Danos ambientais”, nomeadamente:

- **Danos causados às espécies e habitats naturais protegidos**

Quaisquer danos, com efeitos significativos adversos para a consecução ou a manutenção do estado de conservação favorável desses habitats ou espécies.

O significado de tais efeitos deve ser avaliado em relação ao estado inicial, tendo em atenção os critérios do Anexo I.

“Os danos causados às espécies e habitats naturais protegidos não incluem os efeitos adversos previamente identificados que resultem de um acto de um operador expressamente autorizado pelas autoridades competentes nos termos das disposições de execução dos n.º 3 e 4 do artigo 6º ou do artigo 16º da Directiva 92/43/CEE⁵ ou do artigo 9º da Directiva 79/409/CEE⁶, ou, no caso dos habitats e espécies não abrangidos pela legislação comunitária, nos termos das disposições equivalentes da legislação nacional em matéria de conservação da natureza”.

- **Danos causados à água**

Quaisquer danos que afectem adversa e significativamente o estado ecológico, químico e/ou quantitativo e/ou o potencial ecológico das águas em questão, inscritos na Directiva 2000/60/CE⁷, com excepção dos efeitos adversos aos quais seja aplicável o nº 7 do artigo 4º.

⁵ JO L 332 de 28.12.2000, p. 91.

⁶ JO L 182 de 16.7.1999, p. 1. Directiva com a redacção que lhe foi dada pelo Regulamento (CE) n.º 1822/2003.

⁷ JO L 129 de 18.5.1976, p. 23. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 2000/60/CE.

- **Danos causados ao solo**

Qualquer contaminação do solo que crie um risco significativo de a saúde humana ser afectada adversamente devido à introdução, directa ou indirecta, no solo ou à sua superfície, de substâncias, preparações, organismos ou microrganismos.

2.2.2.2 Significância do dano ambiental

O conceito de significância do dano na sequência de uma afectação adversa de espécies e habitats importa avaliar se esta constitui um dano ambiental nos termos da alínea a) do nº 1 do artigo 2º da DRA, deve ser avaliado em relação ao estado inicial, tendo em atenção os critérios constantes no seu anexo I, o qual fornece critérios para aferir a significância aos danos que afectem adversamente a consecução ou a manutenção do estado de conservação favorável dos habitats ou espécies naturais protegidos, tomando como ponto de referência:

- O estado de conservação no momento dos danos;
- Os serviços proporcionados pelo quadro natural que oferecem e;
- A sua capacidade de regeneração natural.

As alterações adversas significativas do estado inicial devem ser determinadas por meio de dados mensuráveis como:

- O número de indivíduos, a sua densidade ou a área ocupada;
- O papel dos indivíduos em causa ou da zona danificada em relação à espécie ou à conservação do habitat;
- A raridade da espécie ou do habitat (avaliada a nível local, regional ou mais elevado, incluindo a nível comunitário);
- A capacidade de propagação da espécie (em função da dinâmica específica dessa espécie ou dessa população), a sua viabilidade ou a capacidade de regeneração natural do habitat (em função da dinâmica específica das suas espécies características ou das respectivas populações);
- A capacidade das espécies ou do habitat de recuperar dentro de um prazo curto após a ocorrência dos danos, sem qualquer outra intervenção além de um

reforço das medidas de protecção, até um estado conducente, apenas em virtude da dinâmica das espécies ou do habitat, a um estado considerado equivalente ou superior ao estado inicial.

Os danos com efeitos comprovados para a saúde humana devem ser classificados como danos significativos.

O anexo I estabelece também critérios para a avaliação das situações em que podem ocorrer alterações ao estado inicial que não têm de ser classificados como danos significativos, como:

- As variações negativas inferiores às flutuações naturais consideradas normais para a espécie ou habitat em causa;
- As variações negativas devidas a causas naturais ou resultantes de intervenções ligadas à gestão normal dos sítios, tal como definidas nos registos do habitat ou em documentos de fixação de objectivos, ou tal como eram anteriormente efectuadas por proprietários ou operadores;
- Os danos causados a espécies ou habitats sobre os quais se sabe que irão recuperar, dentro de um prazo curto e sem intervenção, até ao estado inicial ou que conduza a um estado que, apenas pela dinâmica das espécies ou do habitat, seja considerado equivalente ou superior ao estado inicial.

O presente diploma estabelece no nº 14 do artigo 2º, atende-se a “Estado Inicial”, situação no momento da ocorrência do dano causado aos recursos naturais e aos serviços que se verificaria se o dano causado ao ambiente não tivesse ocorrido, avaliada com base na melhor informação disponível.

Assim como, dispõe no nº 15 do artigo 2º, atende-se à capacidade de “Regeneração”, incluindo a regeneração natural” no caso das águas, das espécies e dos habitats naturais protegidos, o regresso dos recursos naturais e/ou dos serviços danificados ao estado inicial e, no caso dos danos causados ao solo, a eliminação de quaisquer riscos significativos de afectar adversamente a saúde humana.

2.2.2.3 Reparação dano ambiental

Para a reparação dos danos ambientais causados aos recursos naturais “espécies e habitats naturais” e “água”, o operador pode ter que aplicar diferentes tipos de medidas de reparação, de forma a alcançar a restituição desses recursos ao seu estado inicial, ou seja, se os danos ambientais ocorrerem conforme acima definidos, a DRA consagra uma série de obrigações potenciais para enfrentar essas perdas, dependendo da dimensão dos danos e da resposta à reparação primária.

Denominam-se medidas de reparação primária, complementar e compensatória conforme se descreve mais abaixo: Inclui igualmente o conceito de perdas transitórias, que contabiliza as perdas associadas ao não usufruto dos serviços prestados pelos recursos naturais enquanto estão em fase de recuperação através da aplicação das referidas medidas (Lipton e Jeune, 2008).

Quando verificada a ocorrência de um dano ambiental ou ameaça iminente de dano, o plano de reparação deve ser reportado obrigatoriamente à entidade competente para posterior aprovação.

Face às dificuldades sentidas em relação à definição do termo “dano” assim como na aplicação das medidas de reparação, a Comissão Europeia (CE) implementou o projecto REMEDE⁸ (Métodos de Equivalência de Recursos para Avaliar o Dano Ambiental na União Europeia). Este Projecto foi desenvolvido em parceria com 8 Estados-Membros (EM), a Noruega e os Estados Unidos (E.U.A.), aguardando aprovação da Comissão Europeia para publicação da versão final.

O objectivo do Projecto é desenvolver, testar e divulgar os métodos para determinar a escala das medidas de correcção necessárias para compensar adequadamente os danos ambientais. O Projecto é desenhado a partir da experiência “know-how” dos EUA em termos de inovações metodológicas e problemas de implementação, assim como da experiência dos Estados-Membros da União Europeia. Destina-se a aplicar e desenvolver requisitos de acordo com as exigências da DRA e das Directivas de Avaliação de Impacte ambiental, de Aves Selvagens e Habitats Naturais.

Neste sentido, pretende-se estabelecer um conjunto de ferramentas padrão que possa ser aplicada a todos os casos relevantes de dano ambiental na União Europeia (EU).

⁸ Informação website projecto REMEDE - Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU. – <http://www.envliability.eu/pages/about.htm>

Em síntese, a Análise de Equivalência de Recursos apresenta as seguintes etapas:

- Etapa_1 – Avaliação Inicial – É realizada para determinar a procedência de conduzir uma análise de equivalências e, em caso afirmativo, a escala adequada e o conteúdo da análise;

- Etapa_2 – Determinação e Quantificação do dano (débito) – Nesta etapa, os recursos, habitats e/ou serviços danificados são identificados e quantificados em relação ao estado inicial. São determinadas as causas do dano, assim como, são determinados os benefícios da reparação primária e quantificação do débito total;

- Etapa_3 – Determinação e quantificação dos benefícios de reparação (crédito) – Nesta etapa são determinados os créditos através da identificação e avaliação de alternativas potenciais de reparação por cálculo dos benefícios obtidos com a implementação de projectos de reparação complementar ou compensatória;

- Etapa_4 – Graduação da Reparação Complementar e Compensatória – Etapa visa a determinação da escala ou quantidade de projecto (s) de reparação a implementar. A graduação é executada de forma, a que ao longo do tempo se vá descontando o fluxo dos serviços introduzidos com os projectos de reparação (créditos) até que seja igual ao fluxo preexistente, perdido nas áreas afectadas (débitos);

- Etapa_5 – Monitorização e Informação – Esta etapa implica a elaboração de um plano de reparação, incluindo: objectivos do projecto; detalhes de implementação; planos e dimensionamentos de engenharia e planos e dimensionamentos biológicos.

O plano de reparação inclui também procedimentos e a calendarização para a monitorização da recuperação dos recursos e serviços que se seguem à implementação e respectiva avaliação do sucesso do projecto.

2.2.2.4 Reparação danos a espécies/habitats naturais protegidos e água

- **Reparação primária**

Qualquer medida de reparação que restitui os recursos naturais e/ou serviços danificados ao estado inicial, ou os aproxima desse estado, (Anexo II da Directiva 2004/35/CE). Tem como principal objectivo a eliminação ou a remoção total ou parcial dos agentes contaminantes do dano, procurando sempre que possível adoptar medidas que

acelerem a regeneração natural do recurso, podendo no entanto passar por uma decisão de não intervir, assim sendo, a aproximação ao estado inicial é realizada através da regeneração natural.

Contudo, a opção de reparação através da regeneração natural não implica que o operador se afaste da aplicação de acções, pois é de todo conveniente comprovar e assegurar a todo o tempo que a medida de reparação será realmente eficaz na restituição do recurso ao seu estado inicial, daí a importância de efectuar monitorização para seguimento da regeneração e da sua eficácia, figura 2.2 (Anexo II da Directiva 2004/35/CE).

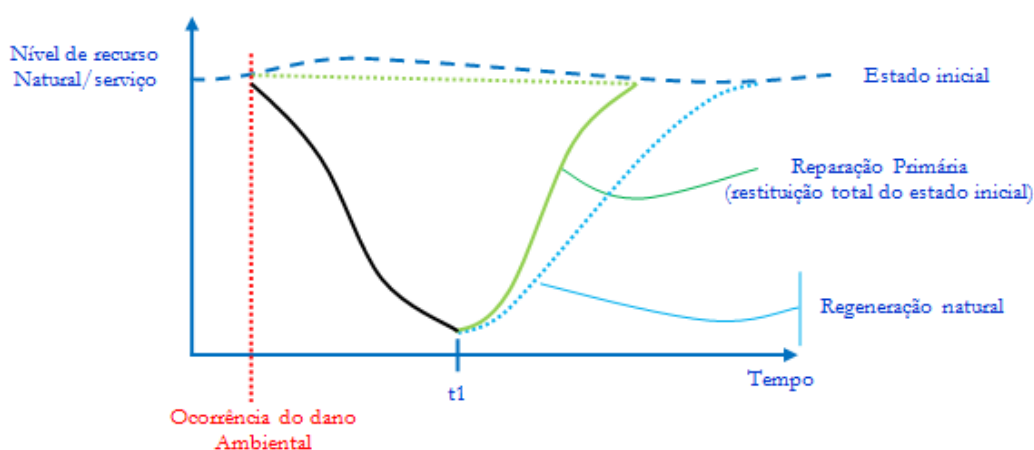


Figura 2.2. Representação gráfica de reparação primária. Fonte: (APA; ISQ, 2011).

• **Reparação complementar**

Qualquer medida de reparação tomada em relação aos recursos naturais e/ou serviços para compensar pelo facto da reparação primária não resultar no pleno restabelecimento dos recursos naturais e/ou serviços danificados. Sempre que os recursos naturais e/ou serviços danificados não tiverem sido restituídos ao estado inicial, serão tomadas acções de reparação complementar.

O objectivo da reparação complementar é proporcionar um nível de recursos naturais e/ou serviços, incluindo, quando apropriado, num sítio alternativo, similar ao que teria sido proporcionado se o sítio danificado tivesse regressado ao seu estado inicial. Sempre que seja possível e adequado, o sítio alternativo deveria estar geograficamente relacionado com o sítio danificado, tendo em conta os interesses da população afectada, figura 2.3 (Anexo II da Directiva 2004/35/CE).

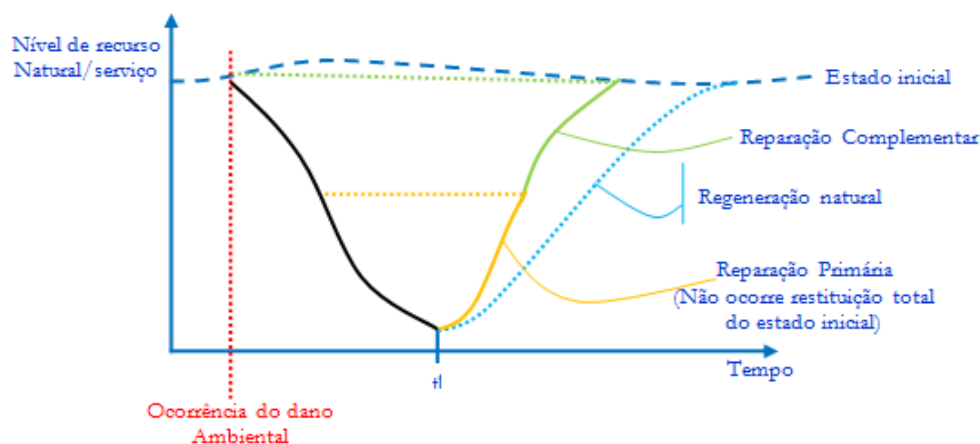


Figura 2.3. Representação gráfica de reparação complementar. Fonte: (APA; ISO, 2011).

• **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 seus efeitos (Anexo II da Directiva 2004/35/CE).

Devem ser realizadas acções de reparação compensatória para compensar a perda provisória de recursos naturais e serviços enquanto se aguarda a recuperação. Essa compensação consiste em melhorias suplementares dos habitats naturais e espécies protegidos ou da água, quer no sítio danificado quer num sítio alternativo. Não consiste numa compensação financeira para os membros do público, figura 2.4 (Anexo II da Directiva 2004/35/CE).

• **Perdas transitórias**

São 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, figura 2.4 (Directiva 2004/35/CE).

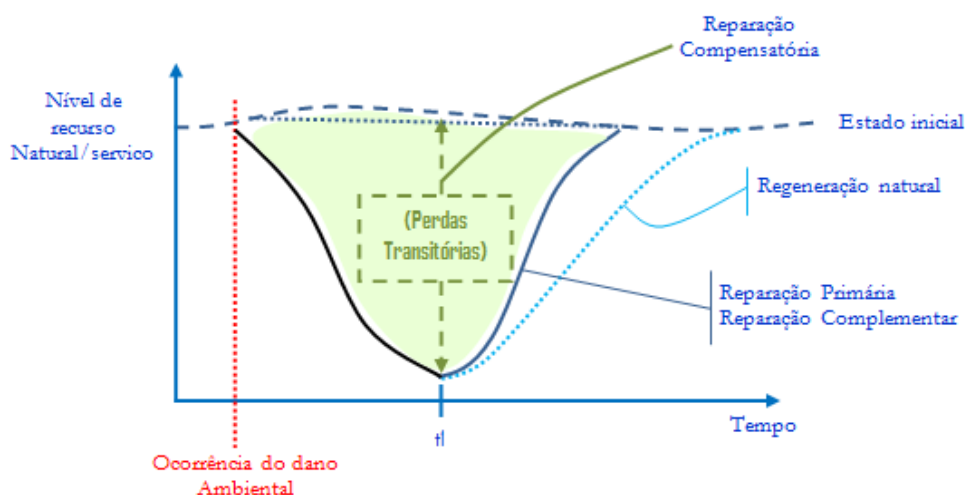


Figura 2.4. Representação gráfica de reparação compensatória. Fonte: (APA; ISQ, 2011).

2.2.2.5 Reparação de danos causados ao solo

A reparação dos danos ambientais causados ao solo visa a adopção das medidas necessárias para assegurar, no mínimo, que os contaminantes em causa sejam eliminados, controlados, contidos ou reduzidos de forma, a 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, assim como o tipo e a concentração das substâncias, das preparações, dos organismos ou dos 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, devem ser tomadas todas as medidas necessárias para prevenir quaisquer riscos de efeitos adversos para a saúde humana. Na ausência 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 da Directiva 2004/35/CE).

2.2.3 Garantias financeiras no âmbito da Directiva 2004/35/CE

A Directiva 2004/35/CE de Responsabilidade Ambiental (DRA) deixou aos Estados-Membros a deliberação de introduzir ou não um sistema de garantia financeira obrigatória a nível nacional. O diploma dispõe no seu artigo 14º que os Estados-membros deverão adoptar as medidas necessárias para fomentar o desenvolvimento de mercados e instrumentos de garantia financeira, de forma, a que os operadores possam recorrer a estas para fazer frente às suas responsabilidades.

A situação do estado de arte ilustra que oito Estados-Membros consagraram a garantia financeira obrigatória, entrando em vigor em diferentes datas até 2014, nomeadamente: Bulgária, Eslováquia, Espanha, Grécia, Hungria, Portugal, República Checa e Roménia. Os restantes Estados-Membros optaram pela garantia financeira voluntária (COM (2010) 581 final).

As responsabilidades estabelecidas pela DRA e as suas implicações financeiras, que podem ser significativas em função do dano causado, é de esperar que os operadores abrangidos por este regime jurídico optem por procurar cobertura. Esta pode ser adquirida através de diferentes modalidades de garantias financeiras, desde: seguros, garantias bancárias, fundos próprios, de forma autónoma, como (por exemplo uma apólice de seguro) ou mesmo, combinando diferentes tipologias de garantias financeiras, como (por exemplo, uma apólice de seguro e fundos próprios) (Salgueiro, 2013).

Instrumentos de mercado, tais como, fundos, obrigações, garantias bancárias, necessitam de poucas modificações para se ajustarem à cobertura das responsabilidades relativas à DRA, “embora não exista muita oferta e procura por estas opções e a oferta residual existentes seja reservada aos clientes habituais” (Salgueiro, 2013).

As várias opções de garantias financeiras (GF) incluídas na DRA para cobertura da responsabilidade ambiental já existem em alguns Estados-Membros (EM) através de vários tipos de instrumentos de GF, representado na figura 2.5. O seguro é a opção mais procurada/preferida pelos operadores das actividades abrangidas pela DRA, seguido das garantias bancárias (CE, 2008).

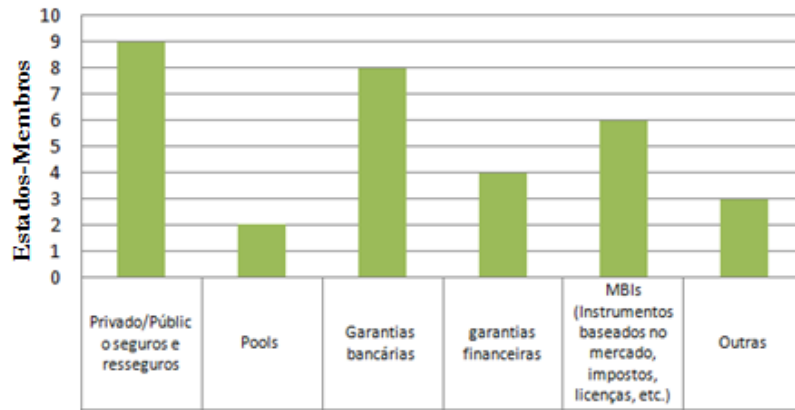


Figura 2.5. Instrumentos GF para cobertura de responsabilidade ambiental.
Fonte: adaptado de (CE, 2008).

A salientar que nenhum dos instrumentos disponíveis satisfaz todos os requisitos em termos de responsabilidades no âmbito da DRA, e para todos os sectores abrangidos. A escolha da modalidade poderá variar consoante os operadores, observando-se no entanto, vantagens na selecção de diferentes tipologias de garantias financeiras, ao permitirem uma maior abrangência das situações cobertas em relação ao que consegue oferecer através de uma única solução (Salgueiro, 2013).

Conforme já referido, os seguros são eleitos como o instrumento com maior procura para cobertura das responsabilidades ambientais no âmbito da DRA, seguido das garantias bancárias e de instrumentos de mercado. Esta eleição pelo contrato de seguro encontra a sua justificação através das vantagens que lhe estão associadas, resumidamente, através da:

- Protecção financeira das empresas;
- Protecção pessoal dos administradores, gerentes ou directores;
- Negociação de alternativas (coberturas, capitais e franquias) (Salgueiro, 2013).

A tabela 2.1 apresenta os aspectos relevantes da Directiva 2004/35/CE de Responsabilidade Ambiental (DRA) e produtos/coberturas financeiras de seguros existentes (CEA, 2009).

Tabela 2.1. Aspectos relevantes da DRA 2004/35/CE/produtos financeiros de seguros disponíveis.

Exigências da Directiva	Coberturas existentes
Danos ambientais relevantes podem ser causados por poluição ou por qualquer outra causa, excepto o solo, onde os danos ambientais se limitam à poluição.	Produtos de seguros muitas vezes oferecem coberturas limitadas para reclamações relativas a responsabilidade civil por danos causados por poluição, independentemente do recurso natural afectado.
As obrigações dos operadores incluem medidas preventivas para danos ambientais iminentes.	Algumas apólices de seguro disponíveis não cobrem essas despesas ou fazem-no com limites
Reparação inclui medidas primárias, complementares e compensatórias, com excepção para danos ambientais ao solo.	Algumas apólices não cobrem as medidas de reparação complementares e compensatórias, outras podem aplicar sublimites ou são vagas a esse respeito.
A responsabilidade pode aplicar-se até 30 anos após a ocorrência do evento que originou o dano ambiental.	Uma vez cancelada a apólice, não podem ser aceites quaisquer reclamações de danos gerados durante a vigência da apólice. Alguns produtos incluem um período de pós-cancelamento de 1 a 5 anos para a recepção de reclamações.
Qualquer tipo de evento causador de dano ambiental, acidental ou não, intencional ou não, legal ou ilegal, implica responsabilidade ambiental.	Algumas apólices, excluem danos causados por eventos não acidentais.
	A maioria das apólices, exclui os danos causados por poluição gradual.
	A maioria das apólices, exclui os danos causados por acções intencionais negligentes relativamente às consequências ou pelo não cumprimento deliberado das leis ambientais.
	A maioria das apólices, exclui os danos devido ao não cumprimento intencional de rotinas de manutenção.
Outras limitações não previstas da DRA	Algumas apólices excluem: <ul style="list-style-type: none"> - Motins e eventos organizados com fins sociopolíticos; - Amianto, chumbo, sílica, bolor e fungos; - Organismos geneticamente modificados; 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"> - Poluição causada por emissões ou eventos expressamente autorizados; - Danos não previstos por falta de conhecimento científico.

Fonte: CEA, (2009).

O sector dos seguros oferece geralmente dois tipos de cobertura para eventos de poluição, nomeadamente:

- (i) General Third Party Liability (GTPL) (Responsabilidade civil geral), limitados à lei civil para cobrir as responsabilidades dos segurados relacionadas com compensação a terceiros por prejuízos e danos em pessoas e propriedades;

(ii) Environmental Impairment Liability (EIL) (Responsabilidade por danos ambientais). Para cobrir as responsabilidades do segurado, para compensação por danos causados ao ambiente e a terceiros como resultado de um acidente de poluição, incluindo acidentes de carácter gradual (Salgueiro, 2013).

Em relação ao primeiro tipo de cobertura, a apólice GTPL em geral não é satisfatória em relação às características da DRA, enquanto para o segundo tipo a apólice EIL disponibiliza um clausulado mais adequado e efectivo à cobertura pretendida (Salgueiro, 2013).

Os produtos especializados existentes no mercado disponibilizam cobertura para algumas, ou para todas as responsabilidades dispostas pela DRA, não sendo impeditivo, terem associados limites financeiros. Os produtos stand alone constituem a solução mais completa, disponibilizando coberturas first party, poluição gradual e, com a inclusão de alguns sub-limites, cobertura parcial ou total de danos à biodiversidade (Salgueiro, 2013).

Nos subcapítulos seguintes esta temática vai ser abordada/desenvolvida da análise da aplicação a nível nacional (Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho). A situação em Espanha será igualmente abordada, devido ao seu processo de transposição ter incluído o desenvolvimento de linhas orientadoras detalhadas para aplicação do estabelecido na Lei n.º 26/2007, de 23 de Outubro de responsabilidade ambiental.

2.3 Decreto-Lei n.º 147/2008 de Responsabilidade Ambiental/Portugal

O Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho (DL RA) transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva Comunitária n.º 2004/35/CE, de 21 de Abril, que estabelece o regime jurídico da responsabilidade ambiental aplicável à prevenção e reparação dos danos ambientais, com base no princípio do poluidor-pagador.

O DL RA foi posteriormente alterado pelos Decreto – Lei n.º 245/2009, de 22 de Setembro, Decreto – Lei n.º 29-A/2010, de 1 de Março, e Decreto – Lei n.º 60/2012, de 14 de Março.

A primeira das alterações tem por objectivo prevenir conflitos de jurisdição em sua aplicação, designando a APA como única entidade no âmbito de danos à água.

A segunda modificação afecta o nº 4 do artigo 22º da Lei de Responsabilidade Ambiental, ao dispor uma futura fixação de limites mínimos para efeito da constituição das garantias financeiras obrigatórias mediante portaria a aprovar pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças, do ambiente e da economia. Nomeadamente relativos ao:

- (a) Âmbito de actividades cobertas;
- (b) Tipo de risco que deve ser coberto;
- (c) Período de vigência da garantia;
- (d) Âmbito temporal de aplicação da garantia

No entanto, até ao momento, nenhuma ordem foi publicada.

A terceira modificação, estabelece o regime jurídico da actividade de armazenamento geológico de dióxido de carbono (CO₂). Altera o anexo III do DL RA, em conformidade com o anexo IV ao Decreto – Lei nº 60/2012, do qual faz parte integrante. Inclui uma nova actividade no Anexo III do DL RA “14 – A operação de locais de armazenamento nos termos do regime jurídico da actividade de armazenamento geológico de dióxido de carbono (CO₂) (Rios e Salgueiro, 2012; Salgueiro, 2013).

Seguidamente vão ser apresentados alguns conceitos e definições do DL RA.

O diploma é aplicável a qualquer pessoa singular ou colectiva, pública ou privada, que execute, controle, registre ou notifique uma actividade abrangida pelo regime da responsabilidade ambiental, alínea I do n.º1 do artigo 11;

O operador cuja actividade se encontra abrangida pelo Anexo III do DL RA está sujeito ao regime de responsabilidade ambiental objectiva, ou seja, independentemente da existência de dolo ou culpa, imputa ao operador a obrigação da adopção de medidas de prevenção e ou reparação dos danos/ ameaças causados.

Descrição das Actividades Ocupacionais com responsabilidade objectiva dispostas no anexo III (a que se refere o artigo 7.º) do DL RA:

- Actividades, realizadas em instalações sujeitas a licença, nos termos do Decreto-lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição. Ou seja, todas as actividades enumeradas no anexo I do Decreto-Lei n.º 194/2000, de 21 de Agosto, com excepção das instalações ou partes de

instalações utilizadas para a investigação, desenvolvimento ou experimentação de novos produtos ou processos;

- Actividades, relativas a operações de gestão de resíduos, incluindo a recolha, o transporte, a recuperação e a eliminação de resíduos e resíduos perigosos, incluindo a supervisão dessas operações e o tratamento posterior dos locais de eliminação, sujeitas a licença, ou registo, nos termos do Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro;
- Todas as descargas para as águas interiores de superfície que requeiram autorização prévia, nos termos do Decreto -Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, relativa à poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático da Comunidade;
- Todas as descargas de substâncias para as águas subterrâneas que requeiram autorização prévia nos termos do Decreto -Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, relativa à protecção das águas subterrâneas contra a poluição causada por certas substâncias perigosas;
- As descargas ou injeções de poluentes nas águas de superfície ou nas águas subterrâneas que requeiram licença, autorização ou registo nos termos da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro e legislação complementar;
- Captação e represamento de água sujeitos a autorização prévia, nos termos da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro;
- Fabrico, utilização, armazenamento, processamento, enchimento, libertação para o ambiente e transporte no local de: a) Substâncias perigosas definidas no artigo 3.º da Portaria n.º 732 -A/98, de 11 de Setembro; b) Preparações perigosas, definidas no artigo 3.º da Portaria n.º 732 -A/98, de 11 de Setembro; c) Produtos fitofarmacêuticos definidos no n.º 1 do artigo 2.º da Directiva n.º 91/414/CEE, do Conselho, de 15 de Julho; d) Produtos biocidas definidos na alínea a) do n.º 1 do artigo 3.º do Decreto – Lei n.º 121/2002, de 3 de Maio;
- Transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo ou por vias navegáveis interiores de mercadorias perigosas ou poluentes definidas no anexo A da Directiva n.º 94/55/CE, do Conselho, de 21 de Novembro, relativa à

aproximação das legislações dos Estados membros respeitantes ao transporte rodoviário de mercadorias perigosas e relativa às condições mínimas exigidas aos navios com destino aos portos marítimos da Comunidade ou que deles saiam transportando mercadorias perigosas ou poluentes;

- Exploração de instalações sujeitas a autorização, nos termos do Decreto -Lei n.º 78/2004, de 3 de Abril, relativa à luta contra a poluição atmosférica provocada por instalações industriais no que respeita à libertação para a atmosfera de quaisquer das substâncias poluentes;
- Quaisquer utilizações confinadas, incluindo transporte, que envolvam microrganismos geneticamente modificados definidos pelo Decreto -Lei n.º 126/93, de 20 de Abril; relativa à utilização confinada de microrganismos geneticamente modificados;
- Qualquer libertação deliberada para o ambiente, incluindo a colocação no mercado ou o transporte de organismos geneticamente modificados definidos no Decreto-Lei n.º 72/2003, de 10 de Abril;
- Transferências transfronteiriças de resíduos, no interior, à entrada e à saída da União Europeia, que exijam uma autorização ou sejam proibidas na aceção do Regulamento n.º 1013/2006, de 14 de Junho, relativo à fiscalização e ao controlo das transferências de resíduos no interior, à entrada e à saída da Comunidade;
- A gestão de resíduos de extracção, nos termos da Directiva n.º 2006/21/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Março de 2006, relativa à gestão dos resíduos de indústrias extractivas;
- A operação de locais de armazenamento nos termos do regime jurídico da actividade de armazenamento geológico de dióxido de carbono (CO₂).

O DL RA estabelece um regime de responsabilidade civil subjectiva e objectiva que conjugam com a responsabilidade administrativa, pelo qual os operadores que causem danos ficam obrigados a indemnizar as pessoas que sofram danos (por exemplo, danos pessoais e à propriedade, os denominados “danos tradicionais”) por um desastre ambiental.

A presente dissertação incide no regime de responsabilidade administrativa destinado a reparar e acima de tudo, a prevenir danos ao meio ambiente, sendo aquele que

contamina responsável ante toda a comunidade. Esta é uma responsabilidade nova, um regime de RA administrativa com um racional distinto dos sistemas de responsabilidade civil (RC), uma responsabilidade a favor da prevenção e reparação dos danos ambientais, um conceito novo e complexo, pressupondo que a guarda destes bens corresponde à administração pública através da autoridade competente, em Portugal, Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (Rios e Salgueiro, 2012).

A responsabilidade administrativa também traz consigo novos conceitos como: dano ambiental; danos causados às espécies e habitats naturais protegidos; danos às águas e ao solo, neste caso somente se existir risco para a saúde humana.

O DL RA no seu artigo 3º dispõe explicitamente a responsabilidade das pessoas colectivas, estabelecendo que quando a actividade lesiva seja imputável a uma pessoa colectiva, as obrigações previstas neste diploma incidem solidariamente sobre os respectivos directores, gerentes ou administradores da empresa.

Artigo 3.º – Responsabilidade das pessoas colectivas:

- (1) Quando a actividade lesiva seja imputável a uma pessoa colectiva, as obrigações previstas no presente diploma incidem solidariamente sobre os respectivos directores, gerentes ou administradores;
- (2) No caso de o operador ser uma sociedade comercial que esteja em relação de grupo ou de domínio, a responsabilidade ambiental estende -se à sociedade-mãe ou à sociedade dominante quando exista utilização abusiva da personalidade jurídica ou fraude à lei.

Assim como, em relação à responsabilidade solidária, no artigo 4.º – Comparticipação:

- (1) Se a responsabilidade recair sobre várias pessoas, todas respondem solidariamente pelos danos, mesmo que haja culpa de alguma ou algumas, sem prejuízo do correlativo direito de regresso que possam exercer reciprocamente;
- (2) Quando não seja possível individualizar o grau de participação de cada um dos responsáveis, presume -se a sua responsabilidade em partes iguais;
- (3) Quando a responsabilidade incida sobre várias pessoas responsáveis a título subjectivo ao abrigo do presente Decreto – Lei, o direito de regresso entre si é

exercido na medida das respectivas culpas e das consequências que delas advieram, presumindo -se iguais as culpas dos responsáveis.

Neste seguimento, tanto na responsabilidade civil quanto na responsabilidade administrativa observamos dois níveis de responsabilidade:

- Responsabilidade subjectiva, ou baseada na culpa do poluidor e;
- Responsabilidade objectiva, que se aplica às actividades do anexo III consideradas perigosas (por exemplo, operadores sujeitos à Directiva 96/61/CE - prevenção e controlo integrado de poluição, de gestão de resíduos, captação e descarga de águas, etc.), o que traduz que a responsabilidade subjectiva é aplicável a todas as actividades não expressamente excluídas e que não estiverem incluídas no anexo III.

O DL RA contempla um conjunto de obrigações de prevenção e reparação para o poluidor, sobre o qual recai o dever de informar e colocar em prática as medidas urgentes necessárias em caso de ameaça iminente de dano, conforme esquematicamente apresentado na figura 2.6.

No caso de o operador não tomar essas medidas, a APA poderá colocá-las em funcionamento subsidiariamente e depois cobrar por todos os custos. Além disso, as medidas de prevenção para ameaças iminentes e de reparação para situações de dano ambiental serão sempre informadas à APA, que as revisará, corrigindo-as, se necessário. Em nenhum caso elas poderão ser substituídas por uma compensação económica.

A figura 2.6 abaixo apresenta os Procedimentos gerais de actuação no âmbito do Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental (RJRA).

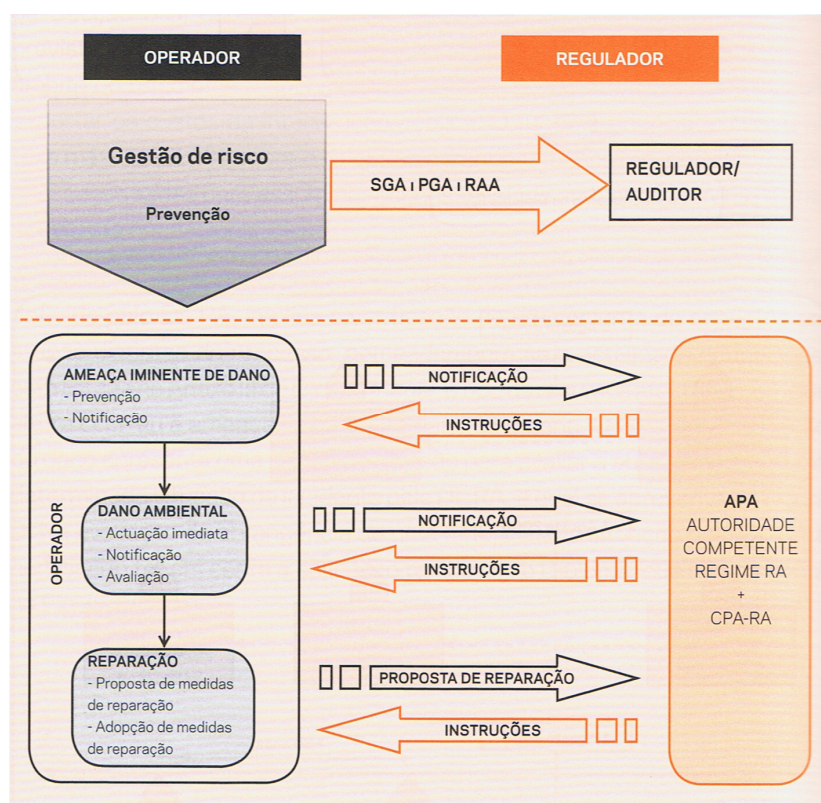


Figura 2.6. Procedimentos gerais de actuação no âmbito do Regime RA.
 Fonte: (Salgueiro, 2013).

Para os operadores que exerçam alguma das actividades listadas no anexo III do referido diploma, é estabelecida a obrigatoriedade de constituição de garantias financeiras, a partir de 1 de Janeiro de 2010, que lhes permitam assumir a responsabilidade ambiental inerente à actividade por si desenvolvida.

Em relação às garantias financeiras, o artigo 22º deste diploma estabelece que estas poderão ser independentes, alternativas ou complementares entre elas, para que “permitam assumir a responsabilidade ambiental da actividade por eles exercida”. Estas garantias podem ser constituídas pela assinatura de apólices de seguro, garantias bancárias ou fundos próprios criados com essa finalidade (também se prevê a possibilidade de participar de fundos ambientais) (ver tabela 2.2.).

A transposição em Portugal ilustra um quadro de pouca ou quase nenhuma participação/debate, existindo apenas um guia, nomeadamente, o Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental, Outubro de 2011, autoria da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) com o apoio técnico da ERENA – Ordenamento e Gestão de Recursos Naturais SA, e encontra-se em

desenvolvimento um Guia Metodológico para a Constituição da Garantia Financeira que incluirá:

- Uma proposta de isenção para actividades ocupacionais de baixo risco;
- Uma análise de risco simplificada;
- Uma abordagem para a determinação de valores mínimos e; uma metodologia de avaliação de risco ambiental para a constituição de Garantia Financeira (Salgueiro, 2013).

Contudo, até ao momento continua a aguardar-se pela sua publicação, assim como, pela aprovação e publicação da Portaria que fixa os limites mínimos para a constituição das garantias financeiras obrigatórias.

Tabela 2.2. Modalidades de garantias financeiras – DL nº 147/2008.

Natureza das Garantias Financeiras
- Subscrição de apólices de seguro
- Garantias bancárias
- Participação em fundos ambientais
- Constituição de fundos próprios para o efeito

Fonte: (alínea 2 do artigo 22º do DL nº 147/2008, de 29 de Julho).

Tendo a operacionalização destas garantias financeiras suscitado um conjunto de dúvidas quanto à natureza da intervenção do Instituto de Seguros de Portugal (ISP), entidade que procedeu ao esclarecimento neste domínio, através da divulgação da Circular⁹ N.º 01/2010, de 25 de Fevereiro – Garantias Financeiras de Responsabilidade Ambiental – Modalidade de Seguro – e nomeadamente no seu ponto 4 clarifica: “Não se tratando de um seguro obrigatório, mas de uma modalidade alternativa para cumprimento de uma obrigação, não existe habilitação legal para que o Instituto de Seguros de Portugal defina, por via de Norma Regulamentar, as condições gerais deste contrato de seguro”.

Em relação à tarefa de calcular o limite mínimo aceitável é uma dificuldade deixada ao operador, sendo sua a responsabilidade de fixar o montante adequado à constituição da garantia financeira. Assim como, a escolha da garantia ou sistema de garantias pelo operador é condicionada ao princípio da exclusividade, pelo que não pode ser desviada

⁹ Instituto de Seguros de Portugal (ISP) – Circular N.º 01/2010 de 25 de Fevereiro – Garantias Financeiras de Responsabilidade Ambiental – Modalidade de Seguro. Documento disponível em <http://www.isp.pt/winlib/cgi/winlibimg.exe?key=&doc=18849&img=3210>

para outro fim nem ser objecto de qualquer oneração total ou parcial, originária ou superveniente (Sá, 2011).

Estes limites mínimos variam em função do sector de actividade do operador. Assim sendo, o nº 4 do artigo 22 alterado pelo artigo 86º do DL nº 29A/2011, passou a constar a seguinte redacção em relação aos limites mínimos das garantias financeiras obrigatórias: Podem ser fixados limites mínimos para o efeito da constituição das garantias financeiras obrigatórias mediante Portaria a aprovar pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças, do ambiente e da economia, nomeadamente relativos: ao âmbito de actividades cobertas; ao tipo de risco que deve ser coberto; ao âmbito temporal da aplicação da garantia e; ao valor mínimo que deve ser garantido.

Esta alteração cria a possibilidade de serem fixados vários limites mínimos em função dos critérios: âmbito das actividades; tipo de risco; período de vigência; aplicação temporal e valor mínimo garantido. “A escolha da garantia ou sistema de garantias pelo operador é condicionada ao princípio da exclusividade, pelo que não pode ser desviada para outro fim nem ser objecto de qualquer oneração total ou parcial, originária ou superveniente” (Sá, 2011).

2.4 Lei 26/2007, de 23 Outubro, de Responsabilidade Ambiental/Espanha

Em Espanha no âmbito da Lei nº 26/2007, de 23 Outubro¹⁰, de Responsabilidade Ambiental (publicada no Boletim Oficial do Estado nº 255, de 24 Outubro 2007), posteriormente desenvolvida pelo Real Decreto nº 2090/2008, de 22 de Dezembro, que aprovou o Regulamento de Desenvolvimento Parcial (BOE nº 308, de 23 Dezembro 2008).

A situação neste Estado – Membro traduziu-se num quadro de importante debate entre os diferentes sectores e de uma forte participação do mercado segurador (um exemplo é o Pool Espanhol de Riscos Ambientais (PERM)), o que permitiu um intenso

¹⁰ Informação adicional: Publicação da Ordem ARM/1783/2011, de 22 de Junho, estabelece a exigência da constituição da garantia financeira obrigatória prevista na Lei nº 26/2007 de 23 Outubro; - Lei alterada pelo Art. 32 do Real Decreto – lei 8/2011, de 1 de Julho (BOE nº 161, de 7 de Julho de 2011). – A salientar a aprovação do Projecto de Decreto Real em 17 de Janeiro de 2014 pelo Conselho de Ministros que altera o Regulamento parcial da Lei 26/2007, de 23 de Outubro de Responsabilidade Ambiental, a fim de reforçar a sua vertente preventiva, simplificar e melhorar a aplicação do quadro regulamentar. Em particular, reforça os aspectos preventivos do quadro regulamentar, promovendo a análise de risco ambiental como ferramenta para a gestão de risco ambiental e para melhorar e esclarecer vários aspectos das garantias financeiras (mecanismo para lidar com a responsabilidade ambiental inerente à actividade que está a ser desenvolvida,..).

http://www.magrama.gob.es/es/prensa/14.01.17%20Modificaci%C3%B3n%20Ley%20Responsabilidad%20Ambiental%202_tcm7-312511_noticia.pdf.

trabalho de conciliação e preparação das regras e das orientações necessárias, a Pool¹¹ tem sido um instrumento muito dinâmico no acompanhamento da DRA (Rios e Salgueiro, 2012).

No seu capítulo IV, a garantia financeira é obrigatória para os operadores que exerçam actividades ocupacionais enumeradas no Anexo III. Podendo abranger subcontratados e profissionais que colaborem com o operador na actividade, tendo como prazo limite de constituição, por publicação de ordens ministeriais a partir de 30 Abril 2010; gradual em função da actividade.

Nas alíneas a), b) e c) do artigo 26º “Modalidades” da referida Lei, a garantia financeira pode ser constituída por qualquer uma das seguintes modalidades (ver tabela 2.3) que poderão ser alternativas ou complementares entre si, tanto em sua quantidade, como nos eventos garantidos:

- (a) Uma apólice de seguro que se ajuste à lei 50/1980, de 8 de Outubro, de Contrato de Seguro, subscrito com uma entidade seguradora autorizada para operar em Espanha;
- (b) A obtenção de um aval, concedido por alguma entidade financeira autorizada a operar em Espanha;
- (c) A constituição de uma reserva técnica mediante a dotação de um fundo “ad hoc” com materialização em investimentos financeiros apoiados pelo sector público.

Tabela 2.3. Modalidades de garantias financeiras – Lei nº 26/2007.

Natureza das Garantias Financeiras
- Subscrição de apólices de seguro
- Avais concedidos por entidades financeiras autorizadas
- Constituição de uma reserva técnica

Fonte: (art. 26º da Lei nº 26/2007).

¹¹ O Pool Espanhol de Riscos Ambientais (PERM). Grupo de Interesse Económico formado em 1994. Constituído por 25 entidades membros, companhias seguradoras (17) e companhias resseguradoras (8). Objectivos principais: - Desenvolver, elaborar produtos para assegurar os riscos ambientais; - Centralizar a gestão, administração e controle desses seguros na Associação constituída para esse fim; - Acções conjuntas, associar recursos para assumir riscos para utilização conjunta de acordos de resseguro; - Subscrever as operações de resseguro das modalidades elaboradas pelo Pool, nos termos ou condições técnicas acordadas ressegurando-as a cada empresa parceira; - Centralizar a informação e liderar a inovação sobre as coberturas ambientais, técnicas de avaliação de riscos e resolução de sinistros; - Colaborar com as autoridades e outras instituições e entidades, seguros e não-seguros, na sua área de competência. Pool Espanhol de Riscos Ambientais (PERM). Disponível em <http://www.perm.es/cobertura-seguros.cfm>

O regime de garantias estabelece um limite máximo obrigatório de 20.000.000 euros (nº1 do art. 30º, Lei 26/2007), excluindo os operadores cuja actividade gere danos com reparação inferiores a € 300.000 e danos com reparação entre € 300.000 e € 2.000.000, cuja actividade esteja certificada por sistemas EMAS ou ISO 14001, (alíneas a) e b) do art. 28º, Lei 26/2007). Neste seguimento, o estabelecimento da cobertura da garantia financeira por responsabilidade ambiental é apoiada na aplicação de ferramentas metodológicas de carácter complementar, nomeadamente, análise de riscos e valorização/avaliação do dano ambiental.

O Real Decreto nº 2090/2008 que desenvolve parcialmente a lei 26/2007, de 23 de Outubro, prevê a criação de diferentes instrumentos de carácter voluntário para facilitar os operadores na avaliação dos cenários de risco: as análises de riscos ambientais sectoriais (ARS) e as tabelas de cálculo.

O Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro, preconiza a utilização da Norma UNE 150008:2008 estabelecendo uma metodologia de análise de risco adequada ao contexto da responsabilidade ambiental, assim como a produção de vários documentos de trabalho úteis à aplicação do diploma legal a situações práticas, temática a desenvolver nos subcapítulos seguintes.

Foram produzidos documentos que contemplam a aplicação de metodologia de análise de risco a diferentes sectores de actividade, e que assumem diferentes tipologias/complexidade em função da maior ou menor homogeneidade do sector.

Os documentos incluem modelos de relatório tipo de risco ambiental (MIRAT) ou em guias metodológicos (GM), quando a heterogeneidade das actividades que integram um mesmo sector assim o requeiram. As tabelas de cálculo estão previstas para os sectores ou pequenas e médias empresas que, pelo seu alto grau de homogeneidade, permitam uma estandardização de riscos ambientais.

Embora a análise de riscos sectorial (ARS) tenham um carácter voluntário, constituem um instrumento de mais valia e extremamente útil com base na qual os operadores de um mesmo sector poderão realizar uma análise de riscos ao menor preço de custo e avaliar, para cada caso, sua necessidade de constituir uma garantia financeira (CTPRDA, 2012).

Esta temática irá ser desenvolvida com mais detalhe na secção 2.5.2, metodologia de análise de risco em Espanha.

O Modelo de Oferta de Responsabilidade Ambiental, (MORA¹²), este modelo proporciona uma ferramenta para determinação do valor dos danos de acordo com os requisitos do normativo de responsabilidade ambiental. Isto é, os danos ocasionados aos recursos naturais avaliam-se com métodos económicos de oferta, através do correspondente custo de reposição, uma abordagem de equivalência do tipo recurso – recurso – abordagem preferida, conforme o normativo de responsabilidade ambiental.

Esta ferramenta foi elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente e Assuntos Rurais, a fim de estimar o custo de reparação dos recursos naturais em conformidade com as disposições da Lei 26/2007, de 23 de Outubro, de Responsabilidade Ambiental e Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro.

O modelo de avaliação considera a totalidade dos recursos naturais cobertos pela Lei de responsabilidade ambiental – solo, água, habitat, espécies, ribeiras del mar (costa) e rias. Esta ferramenta de avaliação permite determinar os custos associados às técnicas de reparação (primária, compensatória e complementar, segundo o caso) que foram seleccionadas com base nos dados recolhidos, (agente causador do dano, do recurso natural receptor do mesmo e adicionalmente das condições do meio em que este se produza – inclinação, permeabilidade do solo, acessibilidade, uso do solo, espécies presentes, etc.) (CTPRDA, 2012).

Esta metodologia é uma mais valia, pois, permite aos operadores avaliar se estão sujeitos à obrigação de constituir uma garantia financeira, através da determinação do valor do dano e, em caso afirmativo, permite determinar o respectivo valor (Salgueiro, 2013).

A metodologia de análise de risco adoptada em Espanha vai ser devidamente detalhada na secção 2.5.2.

¹²Mais informação disponível em Ministério do Meio Ambiente e Assuntos Rurais. Documento resumen de la funcionalidad del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA). http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Funcionalidad_MORA_tcm7-149017.pdf.

2.5 Análise de risco ambiental

2.5.1 Definições

Uma análise de risco ambiental é um processo complexo que deve sempre ser abordada através de uma metodologia específica que permita estimar o risco de ocorrência de determinadas consequências sobre o meio ambiente (UNE 150008:2008/AENOR).

O risco é entendido como a probabilidade de desencadear um determinado fenómeno particular ou evento que, pela sua natureza ou intensidade e vulnerabilidade dos elementos expostos pode ter efeitos nocivos sobre pessoas ou perdas de propriedade (Protección Civil de Espanha/Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Ministerio del Interior. España).

O risco ambiental é o resultado de uma função que relaciona a probabilidade de ocorrência de um determinado cenário de acidente e das consequências negativas do mesmo sobre o ambiente natural, humano e socioeconómico.

A avaliação do risco calcula a probabilidade de que um processo ou uma substância pode causar efeitos adversos sobre o ambiente. Para reduzir o risco pode-se eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso causado por um perigo potencial ou reduzir a magnitude das consequências (UNE 150008:2008/AENOR).

A avaliação de risco, passa por um processo de estimativa de probabilidade de ocorrência de um determinado acontecimento e a provável magnitude de efeitos adversos.

A avaliação de risco ecológico, avalia impactes ecológicos – impactes em recursos naturais –, resultantes das actividades humanas (Kolluru *et al.*, 1996 *in* Zeidler *et al.* s/d).

Uma análise de risco ambiental é um processo complexo que permite estimar a probabilidade de ocorrência e magnitude das consequências associadas a uma determinada situação, isto é o risco. Uma avaliação da responsabilidade ambiental, permite estimar o risco associado a um cenário de dano ambiental. O risco é uma combinação da probabilidade, ou frequência, de ocorrência de um perigo definido e a magnitude das consequências da ocorrência. Um perigo é definido como uma situação como uma situação com potencial para provocar danos à saúde humana, ao ambiente ou que incorra em perdas financeiras. O risco associado a este perigo é, então, definido como a probabilidade de que possa ocorrer (NHBC, 2007).

Os acidentes graves têm origem nas diversas actividades humanas, os riscos associados a estas actividades devem ser identificados, avaliados, e adoptadas medidas de prevenção e minimização de consequências dos acidentes graves, no caso da sua ocorrência. A incerteza quanto à sua natureza e dimensão das consequências dos acidentes graves justifica que estes sejam considerados riscos graves para a sociedade, pelo que, além das medidas de prevenção, é obrigatória a minimização das consequências ambientais que dela possam resultar através, designadamente, da adopção de medidas de gestão e planeamento de situações de emergência. É indispensável que exista a percepção do risco envolvido, próprio ou induzido pela interacção com a envolvente, nas suas duas vertentes: riscos para a saúde humana e riscos para o ambiente (Braga e Morgado, 2012).

2.5.2 Metodologias de análise de risco ambiental adoptadas pelos EM, no contexto da directiva relativa à responsabilidade ambiental

A situação em relação ao desenvolvimento de metodologias de análise e avaliação de risco ambiental no âmbito da DRA são escassos. A salientar os trabalhos desenvolvidos em Espanha, Irlanda e Inglaterra. Nomeadamente, a Agência Ambiental Irlandesa publicou em 2006 um guia genérico para o desenvolvimento dos ELRA “Environmental Liability Risk Assessment”, cujo objectivo se evidencia na avaliação da actividade e substâncias manipuladas de forma a quantificar e avaliar economicamente o risco intrínseco a causar um dano ambiental significativo e a permitir estabelecer as garantias financeiras requeridas através de outras normas, como a Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP) ou de Gestão Integrada de Resíduos.

A maioria dos Estados Membros (EM) conta com guias metodológicos de avaliação de solos contaminados, exemplo do Reino Unido que desenvolveu adicionalmente, no âmbito da DRA, um guia “Environmental Damage, Prevention and Remediation, 2009” (URS, 2010).

Neste contexto apresenta-se os casos de Espanha, Irlanda e Inglaterra por se considerar que estes EM produziram documentos relevantes de suporte à DRA no domínio da análise de risco ambiental.

Contudo, a escolha da metodologia no desenvolvimento deste trabalho inclinou para a utilização prática da Norma Une 150008:2008, desenvolvida em Espanha, pelos

seguintes factores: 1) por um lado devido à proximidade de Espanha e da solicitação da respectiva certificação/autorização para a sua aplicação e das semelhanças existentes entre os dois países; 2) por outro lado, a existência de variada documentação referente ao tema que serviu de apoio à investigação.

2.5.2.1 Espanha

A Directiva de Responsabilidade Ambiental foi transposta para o ordenamento jurídico espanhol pela Lei nº 26/2007, de 23 de Outubro. O Ministério de Medio Ambiente (MMA) desenvolveu diversos instrumentos técnicos no sentido de facilitar aos operadores das actividades sujeitas à lei supra citada o cumprimento dos seus requisitos legais, nomeadamente os procedimentos de análise de avaliação de risco ambiental.

O Real Decreto nº 2090 /2008, de 22 de Dezembro, regulamenta a Lei nº 26/2007, de 23 de Outubro de Responsabilidade Ambiental, (desenvolvimento parcial) estabelecendo no que se refere ao desenvolvimento aquando na elaboração da análise de risco, seguir a metodologia prevista no regulamento e na Norma UNE 150008 ou outra equivalente. Dada a complexidade e o custo que pode levar à realização deste tipo de análise, o Real Decreto nº 2090/2008, de 22 de Dezembro prevê distintos instrumentos de carácter voluntário e flexibiliza um sistema de cálculo das garantias, podendo as empresas recorrer, nomeadamente:

- (i) Relatórios de risco ambiental tipo, os denominados “MIRAT” – elaborados para sectores muito homogéneos cuja actividade se considere perigosa, pois este tipo de modelos não isenta as empresas de realizar a sua própria análise para determinar se é necessário estabelecer uma garantia financeira obrigatória;
- (ii) Tabelas de baremos, (cálculos) – previstas para os sectores/subsectores ou pequenas e médias empresas (PME) que, pelo seu alto grau de homogeneidade, permitam a standardização de seus riscos ambientais, porque estes são limitados, identificáveis e conhecidos;
- (iii) Guias metodológicos – constituem um conjunto de directrizes que orientam sectores muito heterogéneos, da perspectiva de risco ambiental à elaboração de análise de risco ambiental. As análises de risco realizam-se em função da tipologia das instalações ou actividades do sector.

Estes instrumentos sectoriais, são aprovados pela Comissão Técnica de Prevenção e Reparação de danos ambientais após avaliação da sua eficácia. Todavia, ainda não existem versões finais destes documentos.

A figura 2.7 abaixo apresenta diagrama de apoio na identificação dos instrumentos para análise de risco ambiental.

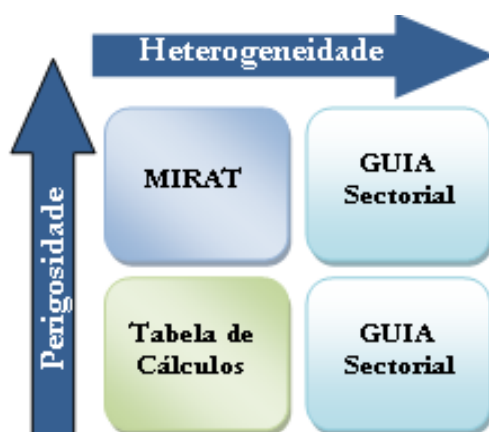


Figura 2.7. Diagrama de apoio na identificação dos instrumentos para análise de risco ambiental.
Fonte: Adaptado de (DGPCA, 2004).

- **Norma UNE 15008:2008 (AENOR)**

Para calcular o valor da garantia financeira, a Lei nº 26/2007, de 23 de Outubro de responsabilidade ambiental e o Real Decreto nº 2090 /2008, de 22 de Dezembro remetem ao resultado que se obtenha da realização de uma análise de risco, deverá ser executado de acordo com a Norma UNE 15008/AENOR. Através desta ferramenta pode-se observar os riscos existentes numa organização, caracterizados por uma gravidade e por uma probabilidade. Sendo obtida uma lista de cenários de maior ou menor risco, sobre o qual o operador pode trabalhar de modo a reduzir esses parâmetros, de probabilidade ou gravidade.

A Norma apresenta um processo interactivo para análise do risco, avaliação do risco e gestão do risco.

A tabela 2.4 apresenta as etapas da análise do risco ambiental.

Tabela 2.4. Etapas da análise do risco ambiental

Etapas de análise do risco
1 - Identificação de causas e perigos
2 - Identificação de eventos iniciadores
3 - Atribuição de probabilidade do evento iniciador
4 - Aplicação dos cenários de acidentes
5 - Atribuição de probabilidade de cenários de acidentes
6 - Estimativa das consequências associadas com o cenário de acidente
7 - Estimativa de risco

Fonte: Adaptação da (Norma UNE 150008/AENOR).

Esta metodologia será mais detalhada no capítulo IV, pois vai ser aplicada ao estudo de caso da presente dissertação.

- **Modelo de Relatório de riscos ambientais tipo (MIRAT)**

No seguimento do referido atrás, os denominados MIRAT devem ser capaz de identificar todos os cenários de acidentes relevantes de um sector, incorporando todos os tipos de acidentes mais comuns de actividades e instalações que se apresentam na maioria das instalações do sector, excluindo os cenários de risco "singulares", ou seja, aqueles que não são representativos a nível sectorial por estarem presentes numa minoria de actividades ou instalações. Esses cenários "singulares" que produzam danos significativos devem ser, contudo, tomados em consideração aquando na análise de riscos ambientais, individualmente, a nível de cada operador (CTPRDA, 2010).

Para realizar a análise de riscos e identificar cada um dos cenários de risco relevantes do sector, os MIRAT seguem a metodologia UNE 150.008 ou outra norma equivalente. Devem também incorporar protocolos para quantificação em termos de intensidade, extensão e temporalidade do dano e avaliar, por cada operador, a significância do dano associado a cada cenário de acidente em relação ao estado inicial. O que inclui os níveis de referência propostos, dependendo do agente causador do dano e meio receptor afectado (águas superficiais/subterrâneas, solo, espécies e habitats protegidos e / ou costa marítima e rios), para determinar a significância do dano.

Uma vez que funciona em termos de risco ou hipótese de dano, o estado inicial refere-se ao estado em que os recursos naturais se encontravam no momento da ocorrência

do hipotético acidente. Os protocolos dirigidos a cada tipo de cenário de acidente deverão ser tão simples quanto possível, a fim de padronizar a quantificação dos danos e proporcionar/facilitar ao operador a sua aplicação (CTPRDA, 2010).

- **Tabelas de cálculos (Tablas de baremos)**

As tabelas de cálculos estão especialmente indicadas para os sectores ou pequenas e médias empresas que, pelo seu alto grau de homogeneidade do ponto de vista do risco, permitam uma padronização dos seus riscos ambientais. É por esta razão que os sectores profissionais que se apoiam nesta metodologia para avaliar o risco ambiental devem ter um perfil produtivo comum e, por conseguinte, um elevado grau de homogeneidade dos cenários de acidentes, não tenha cenários únicos “singulares” ou sendo estes casos isolados. Sempre que o operador tenha cenários únicos que sejam relevantes a nível individual, tais cenários também devem ser levados em especial consideração aquando na fixação do montante da garantia financeira (CTPRDA, 2010).

Os instrumentos baseados em tabelas de cálculos estão principalmente indicados para os sectores cuja actividade tenha associada uma menor perigosidade. No entanto, outros sectores podem beneficiar desta metodologia sempre que possam demonstrar que possuem um elevado grau de homogeneidade, que permita uma standardização dos riscos ambientais.

Nesta linha de homogeneidade do sector, será o critério mais importante aquando na decisão da escolha deste tipo de instrumento. Para desenvolver uma tabela de escalas é necessário identificar uma relação entre o risco ambiental e os custos de reparação primária, o que permite o cálculo da garantia financeira, sem a necessidade de uma análise de risco por parte do operador do sector (CTPRDA, 2010).

A existência de um registo histórico de acidentes com um número considerável de registos é suficientes para ser utilizado na padronização dos riscos de um sector, será um factor determinante para utilizar este tipo de instrumento sectorial. Para isso, é necessário uma estimativa dos custos da reparação primária associada a cada cenário de risco, no caso de registo de acidentes esta informação não se encontra presente (CTPRDA, 2010).

Os sectores que não consigam obter um registo histórico de acidentes mas que tenham identificado, mediante um estudo exaustivo, os cenários acidentais relevantes

associados ao sector poderão desenvolver uma tabela de escalas sempre que cumpram as seguintes condições:

- Que os cenários acidentais do sector sejam suficientemente homogéneos. O que implica que o sector não tenha cenários “singulares” ou que estes sejam casos únicos;
- Que se possa estimar o custo de reparação primária do dano associado a cada cenário de acidente, que permita estabelecer uma associação entre as variáveis determinantes do dano ambiental e do respectivo valor monetário associado ao dano (CTPRDA, 2010).

• Guias metodológicos

Os guias metodológicos (GM) são destinados para padronizar e unificar o conteúdo da análise do risco a realizar pelas diferentes actividades de sectores com alto grau de heterogeneidade numa perspectiva de risco ambiental. Estes instrumentos sectoriais deverão estabelecer directrizes gerais a seguir para realizar a análise de risco ambiental, segundo a tipologia da instalação ou actividades do sector, e identificar as variáveis e factores a ter em consideração para a referida análise, etc. (CTPRDA, 2010).

2.5.2.2 Inglaterra

O Guia “Environmental Damage, Prevention and Remediation, 2009, Guidance for England and Wales”¹³, publicado pelo Departamento de Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido em Novembro de 2009” – aborda as principais disposições regulamentares, aplicação e orientações para a transposição da Directiva de Responsabilidade Ambiental (DRA).

Este documento orienta o operador através de todas as disposições, fornecendo interpretações para alguns dos seus termos particulares, explicando a forma como devem ser aplicadas as disposições do Diploma legal pelas partes interessadas (URS, 2010).

Resumidamente o Anexo I – “o que é o dano ambiental?” fornece orientações sobre o dano e como deve ser avaliado, desde a recolha de dados, informações referente à

¹³ Mais informação - Guidance for England and Wales. Environmental Damage, Prevention and Remediation. Regulations, 2009. Department of Environmental, Food and Rural Affairs (defra), Novembro 2009. <http://archive.defra.gov.uk/environment/policy/liability/pdf/indepth-guide-regs09.pdf>.

gravidade do dano, duração e extensão, probabilidade de dano, para posterior avaliação de forma a estabelecer medidas de remediação/correctivas necessárias. Descrevendo também orientações sobre as acções para avaliar a eficácia das acções correctivas que foram tomadas, ou de recuperação natural, assim como acções de monitorização (Guia - Environmental Damage, Prevention and Remediation, 2009).

Estes fornecem uma hierarquia de informações em que a 1ª parte estabelece um enquadramento do processo de gestão de risco, a 2ª parte elenca informação técnica para apoiar o processo e a 3ª parte contém outras fontes de informação e orientação relevante.

Em forma de resumo pode-se referir que este guia (Reino Unido) descreve orientações sobre o dano e como deve ser avaliado, relativamente aos descritores naturais protegidos no âmbito da DRA e descreve orientações para desenvolver objectivos e medidas correctivas de uma forma sistemática, nomeadamente na área do solo contaminado.

2.5.2.3 Irlanda

Em 2006 a Agência de Protecção Ambiental Irlandesa (EPA¹⁴) publicou o “Guidance on Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision¹⁵”. Este documento descreve uma abordagem à avaliação e gestão das responsabilidades ambientais em conformidade com a legislação em vigor, nomeadamente em relação às normas de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP) e de resíduos, respeitante à Avaliação de Riscos Ambientais¹⁶, ao Planeamento de Gestão de Resíduos¹⁷ e às Garantias Financeiras¹⁸.

Este guia aplica-se aos operadores cujas actividades estão sujeitas ao cumprimento dos diplomas legais comunitários e nacional, nomeadamente a Directiva 1999/31/CE – Aterros; Directiva 2000/76/CE – Incineração de Resíduos; Directiva 96/61/CE EC – PCIP e a Directiva 2004/35/EC – Responsabilidade Ambiental (URS, 2010).

Dependendo do tipo de instalação, duração e extensão da restauração/reparação e posterior gestão se necessária, e do risco potencial de ocorrência de responsabilidades

¹⁴ EPA “Environmental Protection Agency”.

¹⁵ Guidance - On Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision. Environmental Protection Agency, Irlanda, 2006. <http://www.epa.ie/downloads/advice/licensee/elra%20guidance%20document.pdf>.

¹⁶ ELRA “Environmental Liability Risk Assessment”.

¹⁷ RMP “Residual Management Plans”.

¹⁸ FP “Financial Provisions”.

desconhecidas, podem variar o nível de avaliação e a garantia/prestação financeira necessária para satisfazer os requisitos da EPA/Irlanda.

Esta orientação estabelece uma abordagem e metodologia para quantificar e prever financeiramente as responsabilidades ambientais, conhecidas ou desconhecidas (Guidance on Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision, 2006).

Este guia é direccionado para ser utilizado no caso concreto a aterros sanitários, pois, estabelece uma abordagem e metodologia para quantificar e prever financeiramente as responsabilidades ambientais, a avaliação de risco de responsabilidade ambiental e a identificação de instrumentos da garantia financeira, à semelhança da metodologia estabelecida na Norma Une 150008:2008.

Este guia apresenta também uma lista de fontes de perigo/riscos inerentes ao aterro sanitário. A identificação e classificação de fontes de perigo/riscos intrínsecos à instalação (gestão de riscos) e baseia-se na realização de um workshop, entre entidades, desde o operador, o responsável ambiental, um perito independente e o consultor ambiental, para identificar e quantificar os riscos inerentes de operação, através de discussão/debate e pareceres ou decisões. Tabelas de classificação de riscos, formam a base para a atribuição de uma taxa de "ocorrência" (a probabilidade de um evento ocorrer) e "gravidade" (a magnitude do impacto, se ocorrer o evento) para cada risco. Assim como, apresenta uma metodologia para o cálculo de garantia financeira (esta é calculada através do cenário mais provável, utilizando probabilidades médias e cenários de gravidade média) em parte é semelhante à metodologia utilizada neste trabalho (Norma Une 150008:2008).

Capítulo III – Caracterização da actividade dos aterros sanitários de RSU

3.1 Enquadramento histórico e legal

A situação nacional até finais da década de 90 do Século passado, ilustrava que a maior parte dos resíduos urbanos (RU) eram depositados em lixeiras a céu aberto, algumas frequentemente em combustão, originando problemas de contaminação do ar, dos solos, das águas superficiais e subterrâneas e consequentes incómodos e riscos para a saúde das populações envolventes e do ambiente (Martinho *et al*, 2008).

Segundo um relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), de 1993, descreve a situação em que se encontrava o país em 1988, nomeadamente, os resíduos eram depositados em 400 vazadouros não controlados (*i.e.* lixeiras) e em 27 vazadouros controlados, para onde eram encaminhados cerca de 28% dos resíduos produzidos (Martinho *et al*, 2008).

O Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU I), aprovado em 1997, configurou-se como um instrumento de planeamento de referência na área dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Assente nos pilares estratégicos da União Europeia (UE), este documento definia a aplicação de uma hierarquia de princípios colocando em primeiro lugar a prevenção (redução e reutilização), em segundo a valorização (reciclagem material, reciclagem orgânica e valorização energética) e, por último, o confinamento seguro (Martinho *et al*, 2008).

O balanço da aplicação do PERSU é claramente positivo, um ponto de viragem no domínio da gestão de RU em Portugal, com o encerramento das lixeiras (em 2002 a erradicação total das 341 lixeiras referenciadas em 1995), a criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais de gestão de RSU (sistemas plurimunicipais), a construção de infra-estruturas de valorização e eliminação e a criação de sistemas de recolha selectiva multimaterial (Martinho *et al*, 2008).

Como consequência, e à medida que as lixeiras iam sendo encerradas, em sua substituição começaram a operar aterros sanitários um pouco por todo o país. O PERSU forneceu ainda linhas de orientação geral para a criação dos fluxos especiais de gestão, abrindo caminho à criação de legislação específica e à constituição e licenciamento das respectivas entidades gestoras (Martinho *et al*, 2008).

A figura 3.1 ilustra a evolução verificada entre 1996 e 2007, referente ao número de aterros e lixeiras existentes em Portugal Continental. Em 1996, existiam 13 instalações de confinamento que já respeitavam alguns dos requisitos dispostos na Proposta de Directiva do Conselho relativa à deposição de resíduos em aterros (97/C156/08).

Com a publicação do Decreto-lei nº 152/2002, de 23 de Maio, que estabeleceu as normas aplicáveis em matéria de instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros, em 2002 todas as lixeiras haviam sido encerradas, existindo 37 aterros que cumpriam os requisitos dispostos na Directiva nº 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril – relativa à deposição de resíduos em aterro. Alguns destes aterros já encerraram por terem atingido a sua capacidade limite.

Em 2009 existiam em exploração 34 aterros de RU, e 7 encontravam-se em processo de ampliação e licenciamento (APA, 2010 *in* Martinho *et al*, 2011).

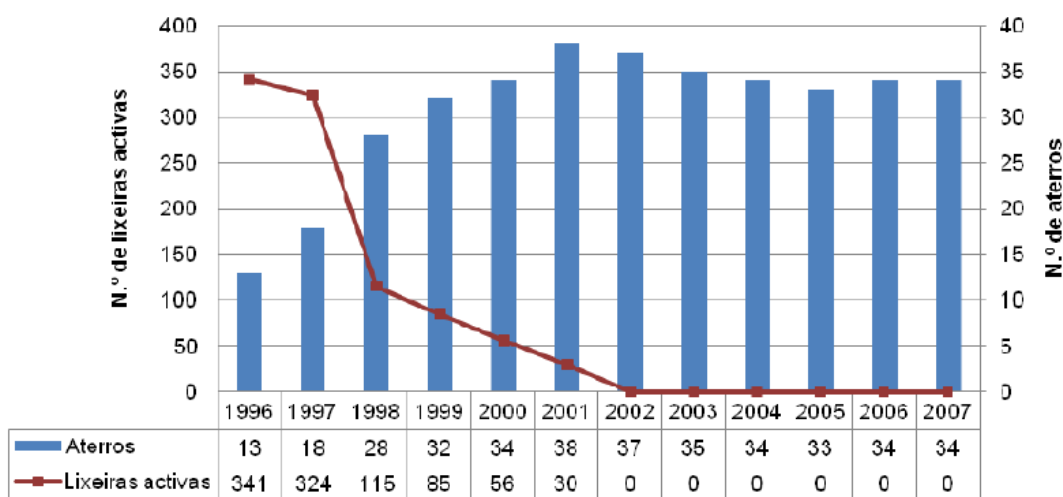


Figura 3.1. Evolução do número de aterros sanitários e de lixeiras entre 1996 e 2007.

Fonte: adaptado de (MAOTDR, 2007 *in* Martinho *et al*, 2011).

Em 2010 apesar da deposição em aterro continuar a ser o principal destino dado aos resíduos urbanos registou-se uma diminuição dos quantitativos sujeitos a esta operação. Em termos quantitativos de RU foram encaminhados para aterro em 2010, cerca de 3.143 mil toneladas de RU, o que equivale aproximadamente a 60,6% dos resíduos produzidos, conforme ilustra a figura 3.2 (APA, 2011).

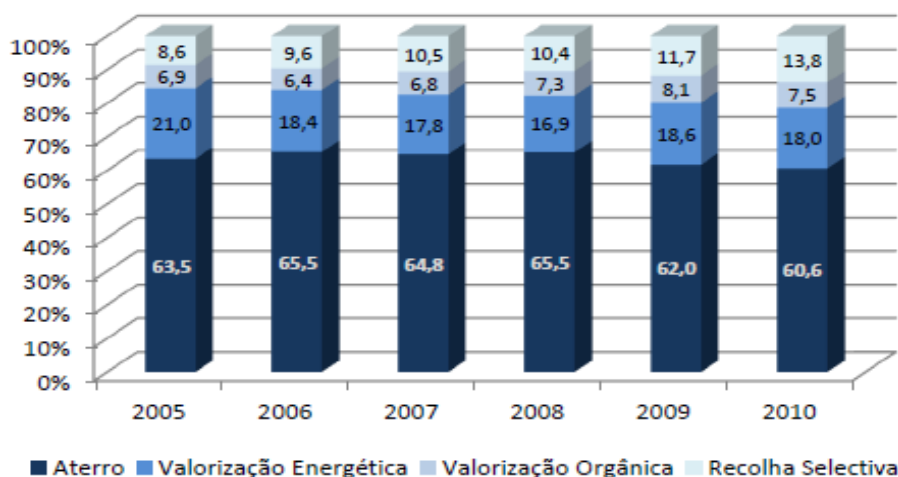


Figura 3.2. Gráfico % RU por operação de gestão, Portugal Continental, 2005/2010.
Fonte: (APA, 2011).

As grandes linhas orientadoras destas políticas estão consagradas em vários planos estratégicos sectoriais para resíduos, como o Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020, que pretende fixar orientações estratégicas, de âmbito nacional, da política de gestão de resíduos e as regras orientadoras que assegurem a coerência dos planos específicos de gestão de resíduos, no sentido da concretização dos princípios enunciados no Título I do DL n.º 178/2006, de 5 de Setembro, com a nova redacção que lhe foi dada pelo DL n.º 73/2011, de 17 de Junho.

A elaboração do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II), aprovado pela Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, instrumento que consolida a revisão das estratégias consignadas no PERSU e ENRRUBDA (Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados aos Aterros), para o período de 2007 a 2016, em Portugal continental, foi, assim, entendida como um desafio inadiável, para que o sector possa dispor de orientações e objectivos claros, bem como de uma estratégia de investimento que confira coerência, equilíbrio e sustentabilidade à intervenção dos vários agentes envolvidos, para além de ser uma disposição legal nos termos do artigo 15.º do DL n.º 178/2006, alterado pelo DL n.º 73/2011 de 17 de Junho (Braga e Morgado, 2012).

Ao nível da gestão dos RU um dos importantes objectivos do PERSU II é o desvio de resíduos biodegradáveis de aterro por via da implantação de Unidades de Valorização Orgânica (digestão anaeróbia, compostagem, tratamento mecânico e biológico) (APA, 2011).

A caracterização da situação actual – 2010/2011 – a cobertura do território continental está garantida por 23 sistemas de base regional, resultantes da agregação e racionalização dos 29 sistemas existentes em 2005. Sendo 12 Multimunicipais e 11 Intermunicipais. Cada um destes Sistemas possui infra-estruturas para assegurar um destino final adequado para os RSU produzidos na área respectiva. Onde se encontra incluído o sistema multimunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), SMM VALORSUL, sistema que integra o ASMC do presente estudo.

O objectivo prioritário da actual política de gestão de resíduos da União Europeia baseia-se nos princípios de: prevenção e redução dos resíduos; evitar e reduzir a produção de resíduos; o seu carácter nocivo, devendo a gestão de resíduos evitar e reduzir o risco para a saúde humana e para o ambiente causado pelos resíduos, sem utilizar processos ou métodos susceptíveis de gerar efeitos adversos sobre o ambiente. Nomeadamente, através da criação de perigos para a água, o ar, o solo, a fauna e a flora, perturbações sonoras ou odoríficas ou de danos em quaisquer locais de interesse e na paisagem.

Exigência disposta no artigo nº 1 da Directiva Comunitária nº 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterro, estabelece como objectivo baseado em requisitos operacionais e técnicos estritos em matéria de resíduos e aterros. Em prever medidas, processos e orientações que evitem ou reduzam tanto quanto possível os efeitos negativos sobre o ambiente. Em especial a poluição das águas de superfície, subterrâneas, do solo e da atmosfera, sobre o ambiente global, incluindo o efeito de estufa; - bem como quaisquer riscos para a saúde humana, resultantes da deposição de resíduos em aterros durante todo o ciclo de vida do aterro. (Dando cumprimento ao exigido, nomeadamente pelos artigos nº 3 e 4º da Directiva nº 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos, revogada e substituída pela Directiva 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Setembro de 2006, com a nova redacção que lhe foi dada pela actual Directiva 2008/98/CE Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos, transposta para o direito interno através do DL n.º 73/2011 de 17 de Junho, relativo aos resíduos).

O conceito designado de “hierarquia de resíduos”, a gestão de resíduos deve assegurar que à utilização de um bem sucede uma nova utilização ou que, não sendo viável a sua reutilização, se procede à sua reciclagem ou ainda a outras formas de valorização.

A eliminação definitiva de resíduos, nomeadamente a sua deposição em aterro, constitui a última opção de gestão, justificando-se apenas quando seja técnica ou financeiramente inviável a prevenção, a reutilização, a reciclagem ou outras formas de valorização (artigo 7º do DL n.º 73/2011 de 17 de Junho).

Neste contexto a hierarquia de gestão de resíduos estabelecida pela União Europeia (EU) determina a prioridade dos tratamentos e formas de valorização a dar aos resíduos. O Artigo 4º da Directiva n.º 2008/98/CE, estabelece que os Estados-membros ao aplicarem a hierarquia dos resíduos deverão incentivar as opções de operações conducentes aos melhores resultados ambientais globais. Para tal, pode ser necessário estabelecer fluxos de resíduos específicos que se afastem da hierarquia caso isso se justifique pela aplicação do conceito de ciclo de vida aos impactes globais da produção e gestão desses resíduos, (PNGR, 2011).

Neste sentido os resíduos passam a ser entendidos como recursos. A prioridade máxima é a prevenção/redução da produção de resíduos. Quando esta não pode ser minimizada, privilegia-se a reutilização e, posteriormente, a reciclagem. A deposição de resíduos em aterro deve ser reduzida ao mínimo indispensável, sendo considerada como última opção de tratamento de resíduos.

A Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril, deposição de resíduos em aterros, transposta para o direito interno através do Decreto-lei nº 152/2002, de 23 de Maio, pretendeu aplicar essas medidas, garantindo que estas infra-estruturas tivessem os requisitos técnicos e ambientais de forma a provocarem o menor impacte ambiental. Em 2003 a Directiva Aterros foi alterada pelo Regulamento (CE) nº 1882/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Setembro, nomeadamente no que se refere ao âmbito de aplicação, aos conceitos, ao conteúdo das licenças, às obrigações de reporte e registo, ao prazo de adaptação aos requisitos da directiva e às medidas de redução dos riscos para o ambiente.

Com a Decisão nº 2003/33/CE, do Conselho, de 19 de Dezembro de 2002, foram também definidas as regras de admissão de resíduos em aterro. Tomando em consideração as respectivas evoluções e alterações impostas na legislação nacional e comunitária sobre resíduos e a consolidação efectiva do princípio da hierarquia das operações da gestão de resíduos, resultou na revisão do quadro legal aplicável à deposição de resíduos em aterro, através do Decreto-lei nº 183/2009, de 10 de Agosto (Martinho *et al*, 2011).

O Decreto-lei nº 183/2009, de 10 de Agosto consagra o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, os requisitos gerais a observar na concepção, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, assim como as características técnicas específicas para cada classe de aterros. Tem por objectivo evitar ou reduzir os efeitos negativos sobre o ambiente da deposição de resíduos em aterro, quer à escala local, em especial a poluição das águas superficiais e subterrâneas, do solo e da atmosfera, quer à escala global, em particular o efeito de estufa, bem como quaisquer riscos para a saúde humana.

Esta revisão do quadro legal traduziu-se na harmonização legislativa e na simplificação e economia processual e no reforçar das medidas de promoção da reciclagem e da valorização, bem como na operação de deposição de resíduos em aterro com elevados padrões de exigência ambiental (Martinho *et al*, 2011).

Os requisitos gerais e técnicos estabelecidos para cumprimento dos objectivos deste regime jurídico incidem particularmente sobre os seguintes pontos: admissibilidade de resíduos em aterro; protecção das águas subterrâneas e superficiais; controlo e tratamento dos efluentes líquidos (águas lixiviantes); controlo e tratamento dos efluentes gasosos (biogás); controlo de assentamentos; controlo da exploração e monitorização ambiental (Martinho *et al*, 2011).

A aplicação do princípio da hierarquia de gestão de resíduos é “reforçada através da minimização da deposição em aterro de resíduos que tenham potência de reciclagem e valorização, tendo em consideração as restrições de admissão de resíduos. Neste âmbito, só serão admitidos os resíduos (artigo 5º) que tenham sido objecto de tratamento e que respeitem os critérios de admissão definidos para a respectiva classe de aterro” como exigência importante neste critério o Decreto-lei nº 183/2009, de 10 de Agosto, dispõe os limites de deposição de RUB em aterros (artigo 8º) (Martinho *et al*, 2011).

Relativamente ao regime de licenciamento de instalações de deposição de resíduos, que abrange as fases de concepção, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento do aterro, é definido de forma simplificada e racionalizada. Assim como, em relação ao regime jurídico de deposição de resíduos em aterro, os aterros têm também de obedecer às condições impostas na seguinte legislação em vigor, abaixo mencionada na tabela 3.1 (Martinho *et al*, 2011).

Tabela 3.1. Regimes jurídicos (legislação em vigor)

Decreto – Lei	Regime Jurídico
- 69/2000, de 3 de Maio	Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)
- 173/2008, de 26 de Agosto	Prevenção e Controlo Integrados (PCIP)
- 236/98, de 1 de Agosto	Normas, critérios objectivos de qualidade da água
- 147/2008, de 29 de Julho	Responsabilidade Ambiental

Fonte: Adaptado (Martinho *et al.*, 2011).

3.2 Caracterização e conceito de aterro sanitário de RSU

De acordo com a alínea c) do artigo 4º do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, “aterro” é a instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição acima ou abaixo da superfície natural, incluindo: (a) As instalações de eliminação internas, considerando-se como tal os aterros onde o produtor de resíduos efectua a sua própria eliminação de resíduos no local de produção; (b) Uma instalação permanente, considerando-se como tal a que tiver uma vida útil superior a um ano, usada para armazenagem temporária.

Na figura 3.3 apresenta-se a anatomia de um aterro, onde se encontram ilustrados os vários elementos e fases de operação, selagem e pós-encerramento.

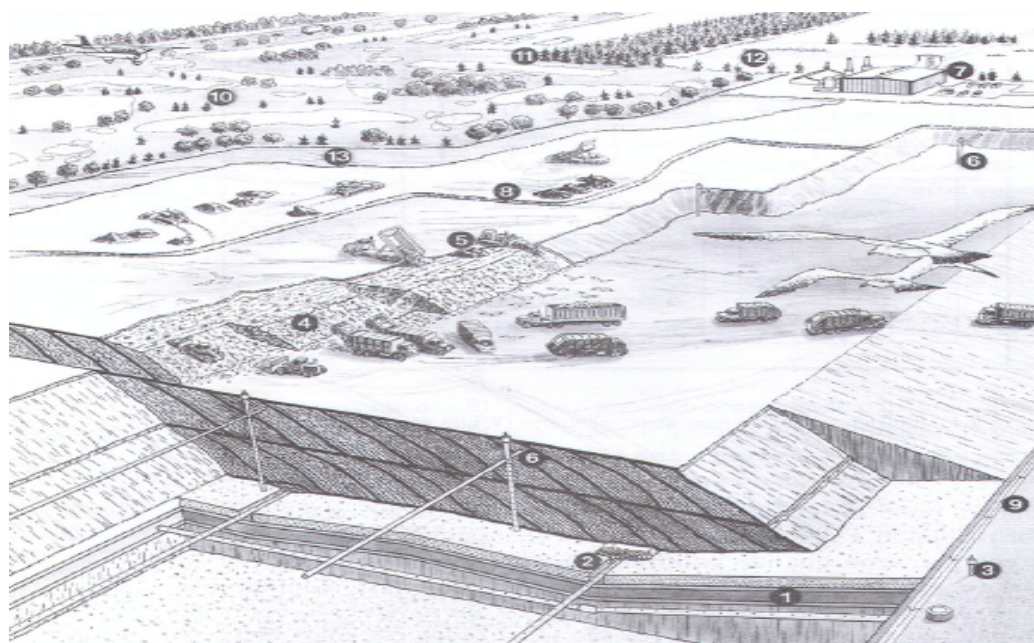


Figura 3.3. Anatomia de um aterro. Fonte: (Rathje, 1991 *in* Martinho *et al.*, 2011)¹⁹

¹⁹ 1. Sistema de impermeabilização; 2. Sistema de recolha de lixiviados; 3. Monitorização das águas subterrâneas; 4. Descarga de resíduos; 5. Cobertura diária; 6. Sistema de recolha de biogás; 7. Unidade de conversão do biogás em electricidade; 8. Cobertura final; 9. Valetas

De acordo com as exigências da legislação em vigor, um aterro de resíduos tem de contemplar um sistema de impermeabilização constituído por uma barreira passiva e uma barreira activa, constituindo o isolamento estanque na interface com os terrenos em que está implantado e cuja função é confinar internamente os resíduos e todos os efluentes residuais, águas lixivantes, e gasosos, biogás, impedindo assim a sua migração para o exterior; o sistema de impermeabilização a desenvolver no aterro sanitário estende-se pela zona basal e taludes, abrangendo toda a geometria do terreno destinada à área de deposição de resíduos (Levy e Cabeças, 2006).

Este sistema, para cumprir o objectivo supracitado, têm de obedecer aos requisitos mínimos relativos a controlo de emissões e protecção do solo e das águas, exigências dispostas no anexo I do DL 183/2009, de 10 de Agosto.

Para além do sistema de protecção ambiental passivo, todos os aterros, com excepção dos aterros para resíduos inertes, devem ser ainda providos de um sistema de protecção ambiental activo sobrejacente àquele, que assegure funções fundamentais de protecção, como:

- ✓ Impedir a infiltração das águas de precipitação pela base e taludes de confinamento do aterro;
- ✓ Evitar a infiltração de águas superficiais e ou subterrâneas nos resíduos depositados;
- ✓ Captar as águas contaminadas e lixiviados, de modo a garantir que a sua acumulação na base do aterro se mantenha a um nível mínimo;
- ✓ Escoar para o sistema de tratamento as águas contaminadas e os lixiviados captados do aterro segundo as normas exigidas para a sua descarga, assim como captar, tratar e, se possível, valorizar o biogás produzido (anexo I do DL 183/2009, de 10 de Agosto).

Em relação à barreira activa, esta é artificialmente colocada em todo o solo da fundação e taludes, constituída por geocompósitos e geossintéticos, convenientemente dimensionados para resistência às solicitações mecânicas (mais desfavoráveis) ao “Punçamento, Rasgamento e tracção” (Levy e Cabeças 2006).

para recolha de águas pluviais; 13. Utilizações finais que podem eventualmente ser implementadas após o encerramento do aterro; 10. Campo de golfe; 11. Aeródromo; 12. Refúgio de vida selvagem.

Os sistemas de drenagem de águas pluviais e de drenagem e recolha de lixiviados devem ser dimensionados, tendo em consideração as características do aterro e as condições meteorológicas locais.

Relativamente ao sistema de drenagem de águas pluviais separativo na base do aterro deve ser dimensionado de modo a evitar a formação desnecessária de lixiviados e a diminuir a afluência de líquidos ao sistema de tratamento de lixiviados, bem como incluir drenos e órgãos de captação e desvio, estrategicamente colocados, a fim de assegurar o cumprimento da função a que se destinam.

Em relação ao sistema de drenagem de águas pluviais unitário, este deve ser dimensionado a fim de assegurar o desvio das águas pluviais superficiais da área de confinamento do aterro, assim como deve evitar a ocorrência de fenómenos erosivos ao nível dos taludes do aterro e deve também incluir valetas, sumidouros e outros órgãos (anexo I do DL 183/2009, de 10 de Agosto).

Em relação ao sistema de drenagem de fundo, um sistema com valas principais e secundárias incorporadas na camada drenante, contendo colectores (perfurados a meia cana e/ou de secção cheia) que permitem de forma estratégica captar e drenar todas as escorrências líquidas para um poço de captação e derivação interno ou externo (Levy e Cabeças, 2006).

De modo a reduzir o caudal dos lixiviados, deverá instalar-se, em complemento, uma rede colectora de águas pluviais cuja função será desviar estas águas do maciço de resíduos. Tendo em consideração a área de deposição dos resíduos como uma bacia hidrográfica, os resíduos são depositados de jusante para montante.

O aterro é constituído, ainda, pelos seguintes sistemas:

- (i) Sistema de captação e regularização (prévio ao sistema de tratamento) constituído por lagoas e órgãos de regulação, as quais permitem acumular/gerir o caudal dos efluentes residuais líquidos (águas lixiviantes) antes da sua entrada no sistema de tratamento;
- (ii) Estação de tratamento/lixiviados (ETAL) biológico, físico-químico e terciário, normalmente este último é constituído por Osmose-Inversa – estação de tratamento dos efluentes residuais líquidos captados, que permite a descarga no

meio receptor natural nas condições definidas pela legislação (Decreto-lei nº 236/98, de 1 de Agosto - Qualidade da água);

- (iii) Sistema periférico de valetas para desvio de águas pluviais para fora da área de intervenção e das frentes de trabalho e captação destas em sistema adequado;
- (iv) Sistema de drenagem de biogás em tubagem ranhurada a 360° para extracção contínua destes efluentes residuais gasosos” (Levy e Cabeças, 2006).

Os referidos efluentes residuais líquidos, juntamente com águas pluviais infiltradas, constituem os lixiviados, de cor escura, com acentuado odor e elevada carga orgânica (variável ao longo do tempo). Os parâmetros mais críticos em relação aos lixiviados (que atingem valores mais elevados) e que, por isso, devem ser monitorizados em conformidade com o referido no DL nº 183/2009, de 10 de Agosto (para que os lixiviados possam ser descarregadas, após tratamento, no solo, na água, ou numa rede colectora sem riscos para o ambiente e para a saúde pública), estão apresentados no tabela 3.2.

Tabela 3.2. Parâmetros críticos dos lixiviados

Parâmetros críticos dos lixiviados
- CBO ₅ – Carência bioquímica de oxigénio ao quinto dia
- CQO – Carência química de oxigénio
- COT – Carbono orgânico total
- Azoto amoniacal, nitratos
- Azoto total

Fonte: Adaptado de (Levy e Cabeças, 2006).

A decomposição completa dos resíduos em aterro pode durar muitos anos, abrangendo os resíduos mais facilmente biodegradáveis, devido às condições prevalecentes (*ex.* pouca humidade, taxas de compactação muito elevadas). Tem-se verificado em alguns aterros sanitários a presença de produtos considerados facilmente biodegradáveis (*ex.* pão, jornais, couves) em condições de perfeita conservação após estarem depositados em aterro 20 a 30 anos. Em alguns aterros as emissões gasosas têm sido observadas 75 anos após o seu encerramento (Martinho *et al.*, 2011).

Após a deposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) inicia-se de imediato a sua decomposição, em resultado dessa decomposição à formação de lixiviados e de biogás.

O biogás é essencialmente constituído por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) e outros gases vestigiais, (na maior parte das situações em menos de 1%) de compostos orgânicos voláteis (COV), normalmente em concentrações baixas, sendo responsáveis pelos odores desagradáveis quando não há captação e eliminação do biogás). Quando presentes em elevadas concentrações, podem apresentar características de toxicidade.

O metano (CH_4) é um gás incolor e inodoro, o seu peso volúmico é de $0,72 \text{ g l}^{-1}$, correspondendo a cerca de metade do peso volúmico do ar atmosférico. A sua concentração entre 5 a 15% de volume, em mistura com o ar atmosférico torna-se explosivo. Neste contexto, a perigosidade do biogás de aterro provém do metano por este formar uma mistura explosiva com o ar, visto que não é tóxico.

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás incolor com cheiro desagradável, o seu peso volúmico é de cerca $0,72 \text{ g l}^{-1}$, correspondendo a cerca de 1,5 vezes o do ar atmosférico, não é explosivo nem inflamável, no entanto é nocivo à saúde quando inspirado (Levy e Cabeças, 2006).

As emissões de gases para a atmosfera constituem uma das principais preocupações ambientais relativas a aterros sanitários. Os compostos gasosos são produzidos na sequência das reacções bioquímicas, tais como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU) a partir da degradação anaeróbica da fracção orgânica dos resíduos, podendo ser libertados por volatilização directa a partir de fontes já presentes nos resíduos. Traduzindo-se num dos principais motivos para a recuperação e valorização do biogás gerado pelo facto dos seus principais gases, CH_4 e CO_2 , contribuírem para o aumento do efeito de estufa (Fischer *et al.*, 1999).

Os potenciais impactes ambientais de um aterro sanitário relativamente ao solo, água e ar encontram-se reflectidos em esquema na figura 3.4, descrevem a zona de influência em que esses impactes se podem tornar reais, “a salientar que a lista de potenciais riscos e distâncias assinaladas são meramente indicativas, uma vez que elas dependem das características do aterro construído, nomeadamente no local de implantação, dimensão, tipos de resíduos depositados e tecnologia utilizada”. Os aterros sanitários concorrem claramente, para a emissão global antropogénica de metano para a atmosfera (Russo, 2006:40).

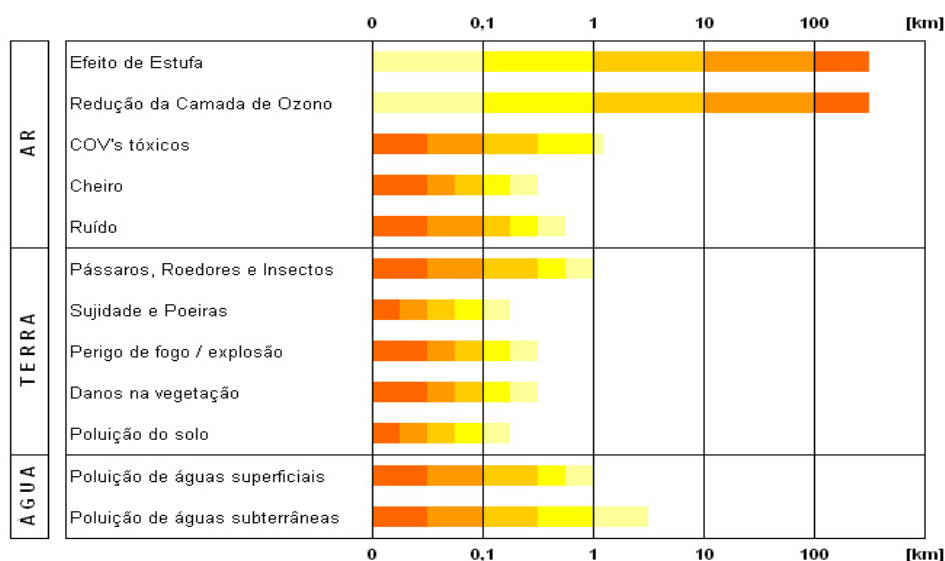


Figura 3.4. Potenciais impactes ambientais de aterros sanitários.

Fonte: (Adaptado Vieira, 1996 *in* Russo, 2006).

Em várias situações, têm sido verificados danos na vegetação envolvente dos aterros, sobretudo devido à asfixia por remoção de oxigénio na zona radicular das plantas como consequência de deslocamento do oxigénio pelo gás de aterro ou por oxidação do metano (Russo, 2006).

Os problemas de poluição de solos próximos aos aterros originados por derrames de combustíveis dos veículos de recolha, poeiras e solo poluído arrastado por efeito de chuvas intensas. Inconvenientes que podem ser prevenidos através de uma operação adequada e de um projecto adequado de drenagem de taludes (Russo, 2006).

A poluição de águas superficiais, devida à descarga inadequada de lixiviados sem tratamento e consequente desoxigenação da água (asfixia de peixes), alteração da fauna e flora bênticas e a toxicidade amoniacal para os peixes. A prevenção deste tipo de poluição pode ser facilmente controlada através de esquemas apropriados de drenagem e tratamento de lixiviados (Russo, 2006).

O risco de poluição de águas subterrâneas "constitui provavelmente o impacte negativo mais importante dos aterros sanitários, o que implica a grande preocupação de instalação de adequados sistemas de impermeabilização e de recolha e métodos de tratamento de lixiviados. As plumas são em geral relativamente curtas, raramente atingindo 1 km e apresentam uma capacidade de atenuação natural que proporcionam a degradação de muitos poluentes (Russo, 2006).

Neste seguimento, a drenagem e captação de biogás em regra é conseguida através da instalação de uma rede de drenos no interior da massa de RSU que se ligam a colectores de superfície ou enterrados sub-superficialmente, permitindo desta forma o seu escoamento para o exterior. A sua extracção pode ser realizada através de dois sistemas de controlo de escoamento de gases no interior da massa de resíduos:

- (i) Sistema passivo, verifica-se quando o gás flui pela sua própria pressão até ao local de drenagem. O fluxo do biogás é provocado pela diferença de pressão entre o corpo do aterro e a atmosfera;
- (ii) Sistema activo, considerado o mais eficiente na redução das emissões livres do aterro. Neste sistema, os colectores de drenagem do biogás estão ligados a um ventilador ou um compressor que, mantendo um diferencial de pressão apropriado ao longo de toda a tubagem de modo a assegurar o seu movimento até ao queimador para ser eliminado por combustão, ou então para o sistema de valorização (Levy e Cabeças, 2006).

Os gases são captados através de poços, diâmetro superior a 50 cm, e drenos verticais, espaçados de 40 a 70 m. Os poços são constituídos por tubos perfurados de PEAD, envolvidos através de uma camada de brita e conectados aos drenos horizontais através de tubos flexíveis. Os gases podem ser captados e transportados por vácuo criado através de compressores. A quantidade de gás drenado é da ordem de 20 a 70% da produção total de gás no aterro (Ferreira e Cunha, 1992 *in* Martinho *et al.*, 2011).

A densidade das condutas varia ao longo do aterro sendo maior na periferia de modo a prevenir a migração lateral do gás. A extracção através de bombas é necessário para uma eficiente recolha de modo a reduzir os problemas de odores e emissões (Martinho *et al.*, 2011).

Para recolher e transportar o biogás dos drenos até ao local de queima, (num queimador) ou para aproveitamento energético (conduzido para uma central de valorização energética) é instalado um sistema de colectores equipados com válvulas de regulação e sifões/evacuadores de lixiviados (Levy e Cabeças, 2006).

A queima permite a destruição da fracção combustível e da maior parte dos componentes orgânicos vestigiantes. Se a combustão for completa, o CH₄, o CO e o H₂ são convertidos em CO₂ e H₂O. A eficiência da combustão vai depender do tipo de sistema de

queima instalado. Como produto, o gás de aterro é saturado em vapor e água e contém muitas impurezas (Martinho *et al*, 2011).

Neste sentido é essencial os operadores de aterros sanitários assegurarem o cumprimento das exigências técnicas estabelecidas no anexo III do Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, a que se referem os artigos 40º e 42º, nomeadamente realizar os procedimentos de acompanhamento e controlo nas fases de exploração e encerramento.

3.3 Análise histórica de acidentes em Aterros Sanitários

No presente capítulo procedeu-se a um levantamento histórico de acidentes ocorridos em aterros sanitários, à escala global, através de fontes externas, nomeadamente, pesquisa de notícias/jornais, artigos/documentos científicos de conferências/congressos, estudos técnicos e científicos, revistas da especialidade, literatura/manuais técnicos, teses/dissertações, páginas Web de organismos governamentais do ambiente e entidades gestoras de resíduos com acesso a relatórios técnicos de inspecções e registos técnicos e históricos.

Assim como se procedeu a um levantamento e recolha de dados, fonte interna, no ASMC, através de análise documental, reuniões de trabalho, briefings, visitas às instalações, observação do funcionamento dos diversos equipamentos de apoio ao aterro, sistemas de controlo e respectivas actividades desenvolvidas inerentes à deposição de resíduos.

Esta análise permitiu identificar alguns perigos que potencialmente podem estar presentes no ASMC, relacionados com os resíduos e produtos/substâncias manipulados, como também avaliar as consequências de um acidente e respectiva frequência/probabilidade de ocorrência.

A Directiva Comunitária n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterro, baseia-se na premissa tecnológica de que os sistemas de barreira/ impermeabilização podem conter totalmente os lixiviados produzidos durante a decomposição de resíduos e, proporcionar uma protecção segura para as águas subterrâneas. Contudo, a sua durabilidade a longo prazo, ainda não foi provada até à data, uma vez que estes sistemas de revestimento estão apenas a ser utilizados para um período de cerca de 30 anos (Pivato, 2011).

Os principais riscos de acidentes associados com aterros, incluem incêndios, explosões superficiais e subterrâneas e emissões acidentais de águas lixiviantes (Lehmann, 2007).

Os incêndios em aterros podem ser caracterizados em duas categorias, nomeadamente, incêndios de superfície e subterrâneos. Dependendo do tipo de aterro sanitário e do tipo de incêndio, estes representam um desafio na gestão do aterro/resíduos.

Os incêndios de superfície envolvem resíduos recentemente depositados ou descompactados, situados na superfície do aterro na camada de decomposição aeróbia, geralmente de 1 a 4 metros de profundidade. Estes incêndios podem ser intensificados pelo gás de aterro (metano), podendo alastrar-se por todo o aterro. Os incêndios de superfície geralmente queimam a temperaturas relativamente baixas e são caracterizados pela emissão de fumo branco e denso de combustão incompleta. O fumo inclui agentes irritantes, tais como ácidos orgânicos e outros compostos. Quando na superfície são accionados materiais, tais como pneus ou plásticos na queima, a temperatura na zona de queima pode ser bastante elevada. Incêndios com temperaturas altas podem causar a destruição de compostos voláteis, que emitem fumo negro e denso (FEMA, 2002).

- **Os Incêndios de superfície podem ser provocados através:**

- Descarga de materiais latentes, despercebidos, na chegada e para o aterro;
- Controlo de biogás de aterro ou sistemas de ventilação; os sistemas de controlo de biogás podem representar um risco de incêndio, o metano pode ser inflamado quando se verifica fugas ou vazamento na rede de tubulação de recolha;
- Extracção de biogás em excesso pode causar um incêndio, o vácuo criado pela extracção excessiva pode aumentar o fluxo de ar e, por conseguinte, aumentar o nível de oxigénio no aterro;
- Erro humano (operadores/utilizadores), descuidos, fumar no aterro pode inflamar resíduos ou biogás de aterro. Além disso, algumas substâncias perigosas podem inflamar quando misturadas, os operadores devem tomar cuidado e evitar o despejo de materiais reactivos no aterro;

- Construção ou trabalhos de manutenção ou mesmo provocados por faíscas de veículos usados no aterro (camiões, tractores, retroescavadoras, etc.), durante perfurações, condução de tubos metálicos através da massa de resíduos, (à sua passagem pode atingir um objecto duro). Assim como, o uso de soldas ou equipamentos eléctricos no local representa um risco de incêndio, principalmente devido ao aumento da presença de gás metano;

- Combustão espontânea de materiais no aterro, a mistura de certos materiais pode resultar em combustão espontânea, mesmo em pequenas quantidades, algumas substâncias químicas podem inflamar-se quando expostas em contacto com outros materiais ou substâncias. Além disso, alguns materiais, tais como trapos oleosos, podem entrar em combustão espontânea em certas condições. Assim como, também pode resultar da decomposição bacteriana (FEMA, 2002).

Em relação aos incêndios subterrâneos em aterros, estes ocorrem abaixo da superfície do aterro e envolvem resíduos com meses ou até anos. Este tipo de incêndios, são geralmente mais difíceis de extinguir que os incêndios de superfície.

Os incêndios subterrâneos também têm o potencial de criar grandes espaços vazios no aterro, podendo causar desmoronamentos da superfície do aterro. Além disso, produzem gases inflamáveis e tóxicos (tais como o monóxido de carbono), e podem danificar os sistemas de impermeabilização, contenção de lixiviados e sistemas de recolha de biogás (FEMA, 2002).

- **Os Incêndios subterrâneos podem ser provocados através:**

- Aumento no teor de oxigénio do aterro, por conseguinte, um aumento da actividade bacteriana e aumento das temperaturas (decomposição aeróbica), os denominados “pontos quentes” que podem entrar em contacto com bolsões de gás metano e provocar um incêndio (causa mais comum deste tipo de incêndios);

- Este tipo de incêndios tendem arder “silenciosamente” ao longo de semanas e até meses. Podem causar uma acumulação de subprodutos da combustão em áreas confinadas, no local e envolvente, tais como infra-estruturas, (edifícios, casas, etc.) o que acrescenta um perigo suplementar para a saúde.

- Os incêndios subterrâneos são muitas vezes detectados apenas pelo fumo que emana de alguma parte do aterro ou pela presença de monóxido de carbono (CO) no biogás. Nestes casos o CO pode estar presente em níveis tóxicos na proximidade da superfície do aterro. Geralmente podem ser detectados/confirmados, conforme as indicações colocadas na tabela 3.3.

Tabela 3.3. Detecção de incêndios subterrâneos

Assentamento substancial ao longo de um curto período de tempo
- Fumo latente ou odor que emana do sistema de extracção de gás do aterro
- Níveis elevados de CO acima de 1.000 partes por milhão (ppm)
- Resíduos da combustão em poços de extracção ou cabeçalhos
- Aumento da temperatura do gás no interior do sistema de extracção, superior a 60° C (140° F)
- Temperaturas acima de 76° C (170° F)

Fonte: Adaptado (FEMA, 2002).

Para confirmar um incêndio subterrâneo através do CO, os resultados devem ser adquiridos através de uma análise laboratorial quantitativa (com o uso de monitores portáteis pode-se obter concentrações artificialmente elevadas). Na Califórnia (EUA), para níveis de CO acima de 1.000 ppm é considerado, uma indicação positiva de um incêndio subterrâneo activo no aterro. Os níveis de CO entre 100 e 1.000 ppm são vistos como suspeitos e exigem monitorização. Níveis entre 10 e 100 ppm, podem ser uma indicação/indício de incêndio, mas a combustão activa ainda não está presente (FEMA, 2002).

Neste contexto, um aterro deve ser operado e mantido de forma a minimizar a possibilidade de incêndio, explosão ou derramamento/migração de águas lixivantes e biogás no meio ambiente. Os acidentes ocorridos em aterros sanitários podem resultar de um grande leque de causas e em função da sua magnitude podem provocar graves problemas ao ambiente e à saúde humana.

A regulamentação de eliminação de resíduos sendo relativamente recente, alguns dos aterros existentes ainda não foram adaptados a esta ou entraram em exploração antes da entrada em vigor da legislação. No entanto, verifica-se que existem regiões no mundo, ainda que tenham legislação específica sobre gestão de resíduos, não têm capacidade para a fazer cumprir, de modo que os aterros não são mais que depósitos incontrolados de resíduos a céu aberto (Colomer e Gallardo, 2007).

O que traduz que a eliminação de resíduos em aterro representa um risco. Mesmo em casos de aterros aparentemente bem concebidos e geridos, existem perigos que devem ser tomados em consideração (Colomer e Gallardo, 2007).

A estabilidade de aterros sanitários é uma das principais tarefas da geotecnia no projecto de aterro e operação. O conhecimento sobre a mecânica de resíduos melhorou significativamente na última década. Na Alemanha, vários projectos de pesquisa têm sido realizados. Em 1997, a Sociedade de Geotécnica alemã difundiu uma recomendação técnica, reflectindo o estado da arte em análise de estabilidade (Bauer *et al.*, 2008).

Contudo, ainda há questões em aberto particularmente sobre a influência dos parâmetros regionais, desde as condições de clima tropical, mas também sobre variações na operação do aterro e composição de resíduos. Vários eventos de deslizamentos ocorreram em países por todo o mundo durante os últimos anos (Bauer *et al.*, 2008).

A identificação de perigos é o primeiro passo necessário para uma avaliação do risco ambiental. Colomer e Gallardo (2007), agruparam os acidentes ocorridos em aterros à escala global durante os últimos 25 – 30 anos de acordo com as respectivas causas, sendo analisados pelo método de cenários comparativos, de modo a proporcionar medidas cautelares ou correctivas, estabelecer parâmetros de concepção e minimizar os riscos para a saúde humana e ambiental.

Assim como, conhecer os aspectos mais críticos na concepção, construção, operação e encerramento de um aterro sanitário, tendo em consideração as características relacionadas com a localização (condições hidrogeológicas e tipo de solo), projecto (inclinação ou altura da massa de resíduos), construção (sistemas de impermeabilização), gestão (compactação, recirculação de lixiviados) e encerramento (sistemas de cobertura e controle de biogás e lixiviados) (Colomer e Gallardo, 2007).

A tabela 3.4. apresenta os principais problemas geotécnicos identificados e respectivas causas.

Tabela 3.4. Principais problemas geotécnicos.

Principais problemas geotécnicos	
Problemas	Causas
Falta de estabilidade	- Inclinação excessiva dos taludes
	- Inclinação excessiva do solo
	- Diques de contenção (defeitos projecto/construção defeituosa)
	- Deslizamento do maciço de resíduos s/a base impermeabilizada
	- Saturação do maciço de resíduos
Fugas de lixiviados	- Incorrecta impermeabilização da base
Produção gases/biogás	- Má gestão dos gases gerados
Canais de evacuação de águas de escorrência exteriores ao aterro	- Mau dimensionamento dos canais
Bacia de lixiviados	- Rotura da bacia de lixiviados

Fonte: Adaptado de (Colomer e Gallardo, 2007).

A presente pesquisa/análise aos acidentes ocorridos em aterros sanitários e respectivos efeitos negativos para o ambiente e para a saúde humana, à escala global. Assenta na procura e aproximação na maior semelhança possível com o aterro sanitário de RSU em estudo, de acordo com os respectivos regimes jurídicos em vigor referente à deposição de resíduos em aterro pelos respectivos países, os quais estão de acordo com a Directiva Aterro da Comunidade Europeia.

Na sequência do parágrafo anterior, as tabelas 3.5 e 3.6 ilustram um resumo de acidentes ocorridos no período de 1991 a 2012 (últimos 20 anos).

Tabela 3.5. Resumo de acidentes ocorridos em aterros sanitários nos últimos 20 anos (1991-2012)

Descrição	Impactes resultantes do acidente/cenário
Local – Iowa City, Iowa – EUA Data – 26/Maio/2012 Tipo acidente – Incêndio	Grande incêndio numa célula com aproximadamente 14 hectares de área, queimando mais de 7,5 hectares do aterro. Grandes quantidades de fumo negro para a atmosfera, envolveram a área, devido ao sistema de drenagem/cobertura utilizado no aterro, pneus triturados. A causa exacta não foi determinada, tudo indica que o incêndio teve origem no local onde ocorreu uma descarga de resíduos (Iowa City, Iowa, 2012).
Local – Itaquaquecetuba – Estado de São Paulo – Brasil Data – 25/Abril/2011 Tipo acidente – Explosão biogás, ruptura do talude/deslizamento	Identificada enorme fissura na cobertura do aterro. Ocorrência de uma explosão, ruptura do talude frontal (Benvenuto, 2012), seguido de um desmoronamento de cerca de 150 toneladas de resíduos, (300.000 m ³) (CETESB). Um assentamento da parte inferior do aterro, a drenagem de lixiviados e compressão no topo do aterro. O gás expulsou os resíduos, provocando a explosão (Santos, 2011).

Local – Mountainview, Nova Creek Road Georges - EUA Data – 20/Dezembro/2007 Tipo acidente – Migração biogás, Explosão/Incêndio	Explosão/incêndio causada pela acumulação de metano (CH ₂) no interior das instalações onde se localizavam as bombas eléctricas do sistema de extracção de lixiviados do aterro. A ignição ocorreu quando numa operação de rotina, um operário ao executar a ligação do interruptor da bomba eléctrica nº2, resultando numa explosão e incêndio. Segundo o relatório da Inspeção da United States Department of Labor, a atmosfera no interior das instalações não foram adequadamente monitorizadas, assim como os equipamentos eléctricos não estavam devidamente seguros, não eram à prova de explosão, assim como a ventilação não era a mais adequada. O operário sofreu queimaduras de terceiro grau em mais de 30 por cento do corpo e ocorreu danificação das instalações (Times-News, 2008; OSHA, 2007).
Local – Sítio São João São Paulo – Brasil Data – 13/Agosto/2007 Tipo acidente – Deslizamento/fuga biogás	Grande acidente ambiental. Milhares de toneladas de resíduos sólidos (220.000 m ³) desmoronaram, causando a proliferação de gases causadores de mau cheiro (Benvenuto, 2012). As investigações realizadas constataram que se tratou de um deslizamento seco. Não se detectou nenhum indício de lixiviados. O acidente não foi determinado por uma causa específica, mas, sim, por um somatório de factores, entre os quais a gestão/operação do biogás (Consema, 2008).
Local – Ano, Liossia, Atenas – Grécia Data – Março/2003 Tipo acidente – Incêndio/saturação maciço de resíduos/deslizamento	A encosta oriental do aterro desmoronou deixando uma brecha entre 300 a 400 metros, um deslizamento de cerca de 800.000 m ³ de resíduos. Este aterro foi construído de acordo com os actuais padrões europeus, com geomembranas e sistemas de drenagem, não existindo razão para problemas de estabilidade de circulação hídrica (Kolsch e Ziehmann, 2004). Contudo foi consequência do aumento de concentração de lixiviados que fez aumentar a pressão interna do maciço resíduos, provocando uma perda de coesão da massa de resíduos (Colomer e Gallardo 2007). Também foi atribuído a um incêndio declarado duas semanas antes da ocorrência (ISSMGE, 2012).
Local – Mpewere, Kampala – Uganda Data – Maio/2002 Tipo acidente – Saturação de maciço de resíduos/deslizamento	Inaugurado em 1995, ocorreram dificuldades operacionais e má gestão do aterro (Johannesen e Boyer, 1999). Embora tenha sido projectado com um sistema de drenagem de lixiviados e Biogás, este não chegou a funcionar por obstrução, originando um acumular de lixiviados na base do aterro provocando o seu deslizamento (Johannesen <i>et al</i> , 1999; Lemoine, 2003; <i>in</i> Colomer e Gallardo, 2007).
Local – Miyako Island Okinawa - Japão Data – 2002 Tipo acidente – Incêndio	Incêndio ocorrido no aterro, libertação de gases tóxicos. Residentes locais sofreram irritações nos olhos e garganta (JICA, 2007).
Local – Sacramento – EUA Data – 2002 Tipo acidente – Incêndio	Um incêndio ocorrido no aterro em Sacramento (JICA, 2007).
Local – West Valley – EUA Data – 2002 Tipo acidente – Incêndio	Um incêndio ocorrido no aterro. Emissão de gases tóxicos tais como o monóxido de carbono. (JICA, 2007).
Local – Montezuma, County, Colorado – EUA Data – Junho de 2001 Tipo acidente – Incêndio	Incêndio ocorrido no aterro de resíduos urbanos e industriais, onde os resíduos eram colocados em fardos, tendo estes sofrido um incêndio. A causa do incêndio não foi determinada. (FEMA, 2002).
Local – Delta, Vancouver – Canadá Data – 18/Outubro/2000 Tipo acidente – Incêndio	O aterro recebe RSU e RC&D. Ocorreu um incêndio espontâneo no subsolo do aterro, numa área de 50 m ² . Foi observada saída de vapor em toda a área antes da descoberta do incêndio. (Henderson e Sperling, 2001).

Local – Fukuoka – Japão Data – 1999 Tipo acidente – Fuga de biogás	Três operários mortos por exposição a uma fuga de gás, quando realizavam uma tarefa de perfuração no aterro (JICA, 2007; MA, 2005).
Local – Ampang Jaya Selangor – Malásia Data – 1998 Tipo acidente – Deslizamento/incêndio	Deslizamento de resíduos e incêndio no aterro. Duas pessoas soterradas (JICA, 2007; MA, 2005).
Local – Mobeni, Durban – África do Sul Data – Novembro/1997 Tipo acidente – Saturação do maciço de resíduos/deslizamento	Aterro preparado para receber resíduos industriais perigosos e resíduos sólidos urbanos. Pluviosidade e elevado teor de humidade na massa de resíduos, causou o deslizamento da massa de resíduos, pela acumulação de lixiviados na base da célula em argila compactada e o sistema de impermeabilização /geomembrana de base. O colapso provocou problemas de odores intensos nas comunidades vizinhas e elevados custos na restauração do aterro (Johannesen e Boyer, 1999).
Local – Danbury, Connecticut – EUA Data – 1996/1997 Tipo acidente – Incêndio	Vários incêndios subterrâneos no aterro. Estes incêndios foram causados por combustão espontânea da decomposição dos resíduos e ocorreram durante 18 meses, num reacender contínuo, latente e subterrâneo. Exposição ao gás sulfídrico do fumo (FEMA, 2002).
Local – Rumpke, Cincinnati, Ohio – EUA Data – 9/Março – 23/Maio/1996 Tipo acidente – Saturação do maciço de resíduos/rotura do talude/deslizamento e incêndio	As propriedades mecânicas do solo não eram as adequadas, a inclinação do terreno e a saturação das camadas inferiores de resíduos provocaram o deslizamento de cerca de 1.000.000 m ³ de resíduos sobre a base. Várias fissuras foram-se expandindo no cimo do aterro e em maior escala em movimentos horizontais ocorridos junto ao talude, originando a ruptura do talude. Um deslizamento de translação ao longo de uma camada de solo enfraquecido directamente por baixo da parte inferior dos resíduos (ISSMGE, 2012). Em 23 de Maio de 1996, um raio atingiu o local do desmoronamento, causando um incêndio que durou seis dias (Jennifer, 1996). (Aterro sanitário com instalações de recuperação/valorização de biogás desde 1986 (Rumpke Recycling - http://www.rumpkerecycling.com/about_us/we_care/landfill_gas.aspx).
Local – Bandeirantes, São Paulo – Brasil Data – Junho/1991 Tipo acidente – Saturação do maciço de resíduos/deslizamento	O declive da área acidentada, com uma altura de mais de 100 m entrou em colapso depois de vários dias de chuvas intensas (mais provável, pressão da água/lixiviados no subsolo e zonas profundas do aterro) provocando o deslizamento de 65.000 m ³ de resíduos, cobrindo uma área de cerca de 45.000 m ² (Bauer <i>et al.</i> , 2008). A drenagem do lixiviado gerado no (AS-1) era feita através de abertura de valas na base das células e conectadas a um dreno central longitudinal na superfície das células (taludes e bermas). O lixiviado era colectado numa caixa e bombeado para lagoas estabilizadoras. A massa de resíduos que deslizou encontrava-se em condições de drenagem deficiente perante o lixiviado acumulado provocando o aumento do poro pressão e instabilidade da massa pela redução da resistência; a geometria da parte superior do aterro encontrava-se em situação de estabilidade inadequada devido à inclinação do talude em 22° e altura das células entre 10 e 15m (Borgatto, 2006).

Em síntese, da análise extraída dos acidentes ocorridos em aterros sanitários à escala global verifica-se que os acidentes ocorridos por deslizamento de massa de resíduos foi principalmente provocado pelo acumular de lixiviados no interior/base da massa de

resíduos, resultante de intensa precipitação e ineficácia dos sistemas de drenagem de lixiviados, (obstruções, pressões (aumento de poro-pressão), rupturas na tubulação, falhas dos componentes do sistema), devido a uma má gestão da deposição dos resíduos que provocou a instabilidade do sistema de drenagem/tratamento de lixiviados.

Relativamente aos acidentes ocorridos por fuga/migração de biogás, explosões/incêndios, devem-se genericamente: má gestão no controlo de biogás e sistemas de ventilação; problemas ocorridos nos sistemas de controlo de biogás/ fugas/vazamento na rede de tubulação de recolha; extracção de biogás em excesso (o vácuo criado pela extracção excessiva, podendo originar um aumento do fluxo de ar e, por conseguinte, aumentar o nível de oxigénio no aterro) e erro humano.

A tabela 3.6 apresenta um resumo de eventos ocorridos nas últimas duas décadas, nomeadamente no período de 1991 a 2012.

Tabela 3.6. Resumo de eventos identificados ocorridos em aterros sanitários – 1991 a 2012.

Eventos em aterros sanitários – período de 1991 a 2012		
Tipo evento	Período/ocorrências	Nº acidentes
Incêndios superfície	2001 – 2012	7
Incêndios subsolo	1996 – 2000	2
Deslizamento massa resíduos	1991 – 2011	7
Emissões/fugas lixiviado	1991 – 2011	6
Fugas/migração biogás	1992 – 2007	3
Explosão biogás	2007 – 2011	2

O diagnóstico a retirar da identificação de todos estes acidentes permite perceber quais são os acidentes mais comuns que ocorrem em Aterros Sanitários (AS), como também, um suporte de apoio importante para facilitar a análise de risco ambiental no contexto de responsabilidade ambiental em relação a esta actividade, nomeadamente na identificação dos eventos iniciadores²⁰.

²⁰ Mais Informação - Guidance on Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision. Published by the Environmental Protection Agency, Ireland. ISBN: 1-84095-195-8. 86-87 pp. Este ELRA apresenta uma lista de riscos desenvolvidos por grupos separados em workshop, na identificação de todos os riscos associados a cada processo em aterros sanitários. Complementando e reforçando este diagnóstico na identificação de eventos iniciadores.

Capítulo IV – Metodologia

4.1 Análise de risco ambiental no contexto da responsabilidade ambiental: Norma UNE 150008: 2008

Este capítulo visa apresentar a metodologia que foi aplicada no estudo de caso. Muitas metodologias foram desenvolvidas para análise de riscos ambientais, embora realizem diferentes formas de abordagens. As principais diferenças entre elas, reside geralmente na maior ou menor abrangência e precisão das técnicas e ferramentas com que trabalham, da informação inicial que precisam e, como consequência do nível de detalhe dos resultados obtidos. No entanto, todas deveriam proporcionar o mesmo objectivo comum, analisar o risco de uma organização a partir do perigo associado a substâncias, processos etc., resultados que permitam apoiar na tomada de decisão à posterior (Norma UNE 150008:2008).

De acordo com a Norma UNE 15008:2008, “Análise e Avaliação de Risco Ambiental”, o risco ambiental é definido como o resultado de uma função que relaciona a probabilidade de ocorrência de um determinado cenário de acidente e as consequências negativas do mesmo sobre as componentes ambiente natural, humano e socioeconómico. A Norma UNE foi desenvolvida para um âmbito mais alargado, no espírito normativo internacional de SEVESO. Todavia, no presente estudo estas duas últimas componentes (humano e socioeconómico) não vão ser analisadas uma vez que se encontram fora do contexto do DL RA.

Apresentando-se o cálculo do risco na forma da seguinte equação:

$$\text{Risco} = f(\text{probabilidade ou frequência, consequências}) \quad (\text{Equação 1})$$

Esta função toma a seguinte forma:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade/Frequência} * \text{Consequências} \quad (\text{Equação 2})$$

Na ausência de ferramentas sectoriais de risco para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, em Espanha, nomeadamente:

- ✓ Guias metodológicos (GM);
- ✓ Modelo de Relatório de riscos ambientais tipo (MIRAT);

- ✓ Tabelas de cálculos (Tablas de baremos).

Os cenários foram desenvolvidos com base na pesquisa na literatura e desenvolvidos de raiz.

A Norma espanhola UNE 15008:2008, Análise e Avaliação de Risco Ambiental, da Associação Espanhola de Normalização e Certificação (AENOR,) aborda a análise e avaliação do risco ambiental, uma metodologia proposta pelo Real Decreto 2090/2008, integrada num processo interactivo, para identificar, avaliar e gerir o risco ambiental, que se encontra representada na figura 4.1.

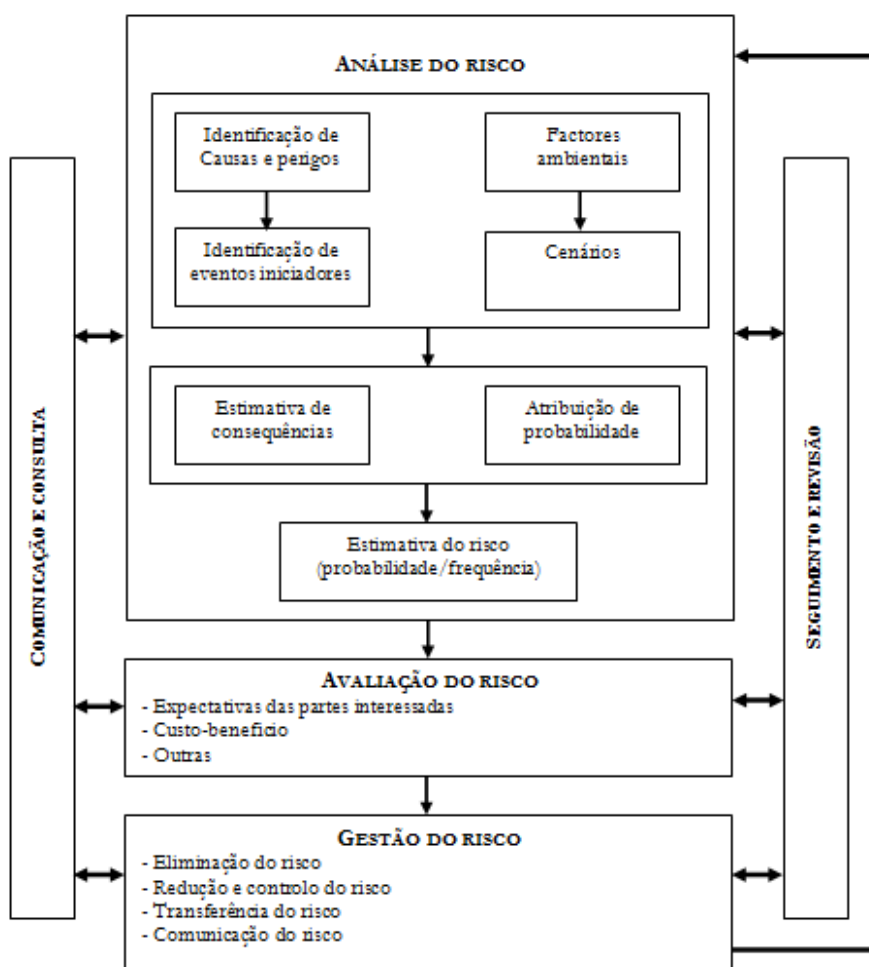


Figura 4.1. Processo interactivo. Fonte: (Norma UNE 15008:2008).

Representação esquemática do processo de análise de riscos no âmbito da Norma UNE15008:2008, apresentado na figura 4.2.

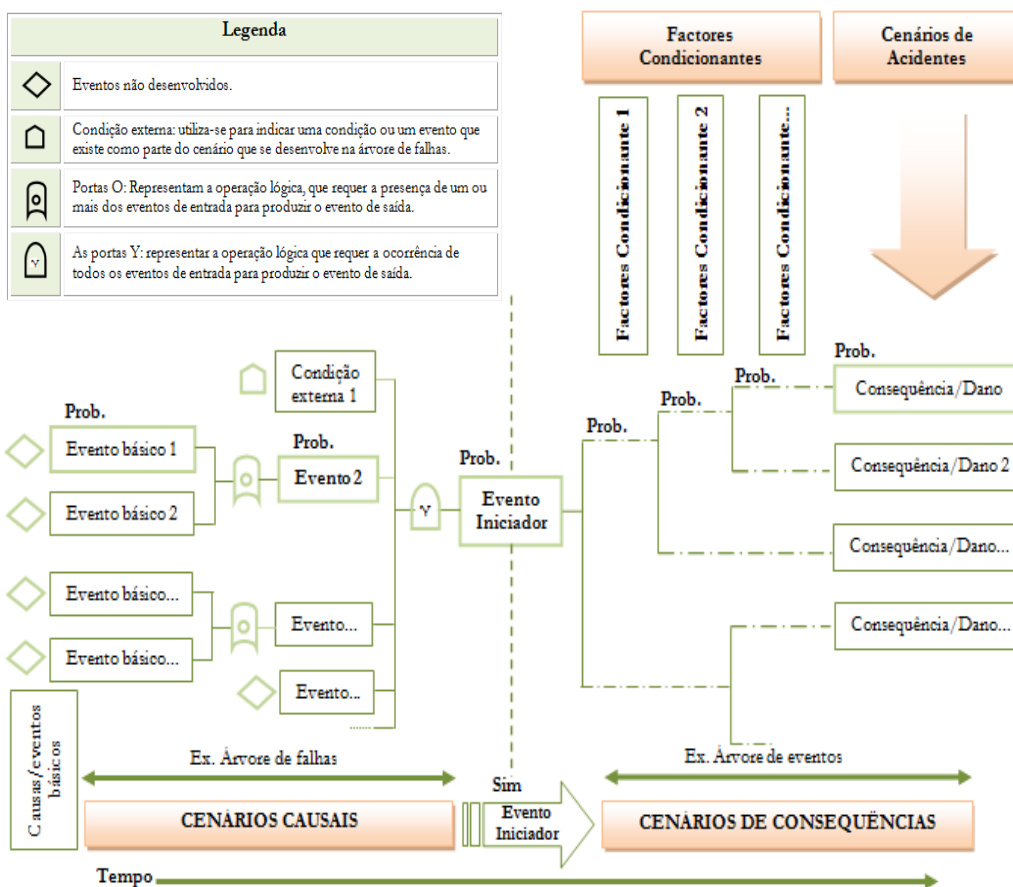


Figura 4.2. Esquema geral da metodologia de análise de riscos.
Adaptada da (Norma UNE 150008:2008).

Neste seguimento, a recolha de elementos, a identificação, a determinação e caracterização do conjunto de elementos para executar as etapas de trabalho em que se vai construir os potenciais cenários de riscos, constituem um factor determinante no resultado da presente metodologia.

A análise seguida no presente trabalho centra-se no desenvolvimento de cenários de consequências recorrendo à técnica das árvores de acontecimentos (“event tree”). Esta técnica avalia as possíveis consequências associadas a um determinado evento iniciador até às consequências finais, considerando a possível sequência de eventos e os factores condicionadores associados.

A técnica de análise por árvore de Evento (ETA - Event Tree Analysis) foi desenvolvida no início dos anos 70 para apoiar o desenvolvimento de análises de risco em centrais nucleares, sendo actualmente utilizada nas mais diversas áreas (Ericson, 2005 *in* Dias *et al.*, 2011).

É uma técnica indutiva de análise dos possíveis resultados (saídas ou efeitos para o sistema) decorrentes de um evento inicial, denominado evento iniciador (normalmente um acidente ou facto indesejado) levando-se em consideração as barreiras de segurança, eventos complementares e/ou factores externos.

Esta técnica pode ser utilizada tanto para uma análise qualitativa como quantitativa. Na análise qualitativa, centra-se na possibilidade de se visualizar os eventos e sua interação. No caso da análise quantitativa, as probabilidades de ocorrência de cada evento são incluídas na análise, permitindo calcular a probabilidade de ocorrência de explicação de um cenário (Dias *et al.*, 2011).

A análise das causas e o desenvolvimento das árvores e cenários que originam o evento iniciador não estão incluídos no âmbito do presente trabalho, considerando-se apenas os possíveis eventos iniciadores associados a uma área/zona/equipamento e assumindo-se que o mesmo decorre de uma determinada causa (erro humano, falha equipamentos, degradação de materiais).

4.1.1 Identificação de perigos e eventos iniciadores

Neste ponto pretende-se identificar as fontes de perigo existentes num aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos. No presente estudo os principais perigos relacionados com a gestão deste tipo de instalações, actividades e processos, estão associados às substâncias perigosas produzidas pelos resíduos, nomeadamente lixiviados e biogás e respectivas infra-estruturas, equipamentos associados a estas substâncias.

A identificação correcta dos eventos iniciadores é vital, permitindo não só um trabalho à posterior sobre a identificação e a resolução das causas, mas também um melhor esclarecimento da situação ou cenário accidental, suas consequências, facilitando a gestão do risco.

Diagnosticar as fontes de perigo/eventos iniciadores consiste numa sistematização e articulação prévia entre as substâncias perigosas, perigosidade das substâncias, localização de infra-estruturas/equipamentos, medidas de segurança e prevenção implementadas e respectiva legislação em vigor. Uma vez identificados os eventos iniciadores mais significativos, é necessário atribuir uma frequência de ocorrência a cada evento.

Para o efeito, pode-se recorrer a dados históricos de acidentes, a recolha de informação nas instalações em estudo, ou através da literatura especializada.

4.1.2 Desenvolvimento de cenários de acidente

Esta etapa da análise de riscos tem por objectivo desenvolver os cenários de acidente associados a cada "área" da instalação. Estes cenários são construídos a partir dos eventos iniciadores identificados, desenvolvendo-se a sequência de eventos possíveis (árvore de eventos), tendo em conta os possíveis factores condicionantes, até às consequências finais, conforme apresentado na figura 4.3.

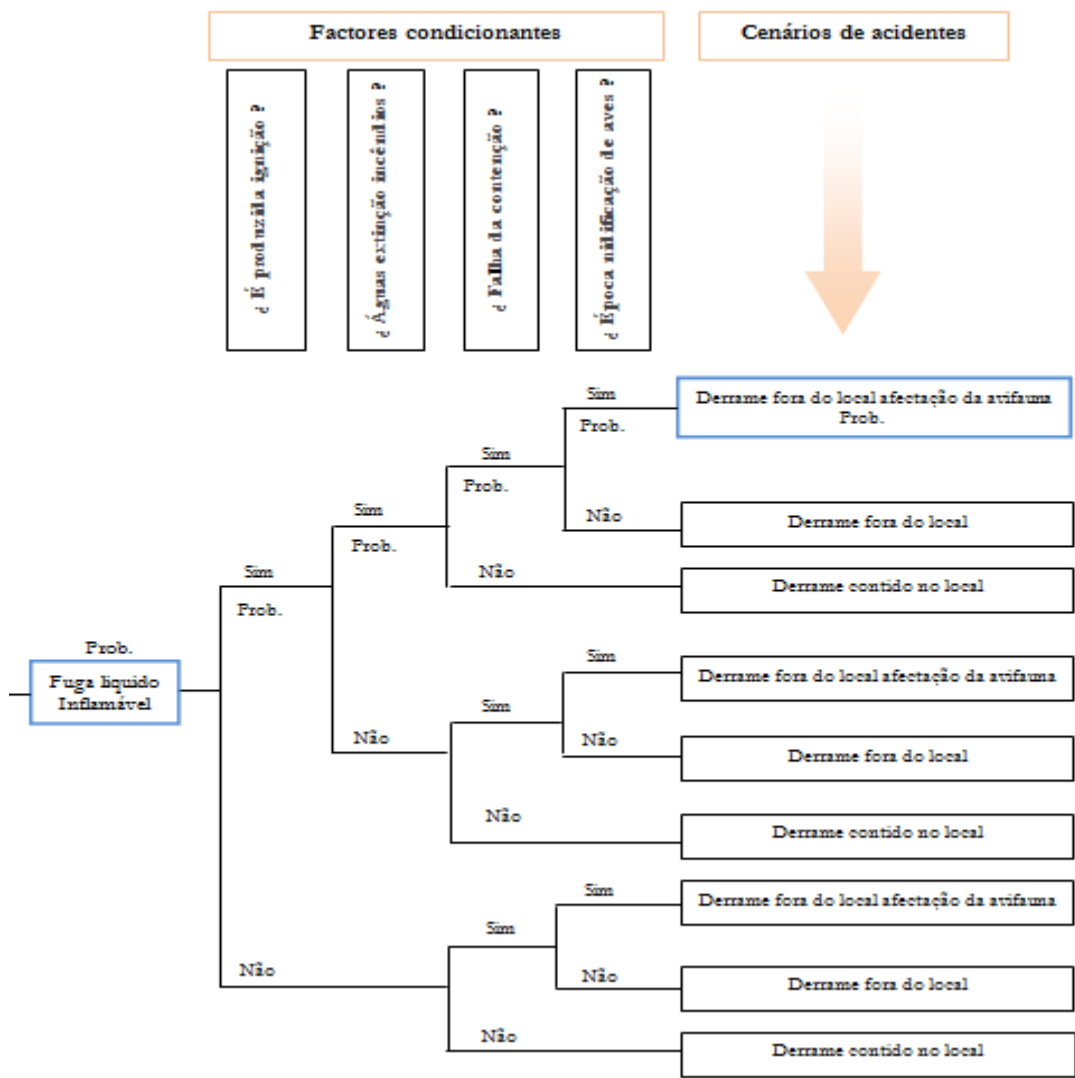


Figura 4.3. Exemplo de Árvore de eventos. Adaptada da (Norma 150008:2008).

4.1.3 Atribuição da magnitude das consequências

Nesta fase é atribuído um nível de magnitude às consequências de cada cenário de acidente. Este nível reflecte a intensidade do impacte ambiental sobre o meio ambiente definido, tendo em consideração o meio físico (as águas superficiais e subterrâneas e a qualidade das mesmas; a morfologia, o solo e o subsolo), o meio biótico (espécies e habitats protegidos (Norma UNE 15008:2008). A metodologia utilizada para obter o nível de magnitude das consequências assenta na técnica desenvolvida pela norma UNE 15008:2008, a qual inclui quatro critérios para avaliar a gravidade sobre o meio natural, determina a magnitude através do seguinte algoritmo:

$$\text{Quantidade} + 2 * \text{perigosidade} + \text{extensão} + \text{qualidade do meio} = \text{gravidade sobre o meio natural} \quad (\text{Equação 3})$$

Seguindo a técnica incluída na norma, a cada um dos critérios é atribuído uma pontuação entre 1 e 4, conforme se apresentam nas tabelas abaixo. Neste contexto apresenta-se na tabela 4.1, os critérios/conceitos de valorização de consequências (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

Tabela 4.1. Definição dos conceitos/critérios para estimar as consequências.

Definição dos conceitos para estimar as consequências	
Critérios	Sobre o meio ambiente
Quantidade	Quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente
Perigosidade	Perigosidade intrínseca das substâncias envolvidas no cenário
Extensão	Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado
Qualidade do meio receptor	Área afectada em função do impacte e sua reversibilidade

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

Seguidamente é necessário realizar uma avaliação dos critérios, conforme se apresenta nas tabelas 4.2 a 4.5.

- Critério quantidade

Este critério é baseado na quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente, medida em unidades físicas, (toneladas (t), metros cúbicos (m³),...), conforme o apresentado na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Quantidade de substâncias emitidas sobre o ambiente.

Quantidade de substâncias emitidas sobre o ambiente (Tm)		
Avaliação	Valor	Parâmetros
Muito alto	4	>500
Alto	3	Entre 50 e 500
Pouco	2	Entre 5 e 49
Muito pouco	1	<5

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- Critério perigosidade

Este critério é o primeiro passo para realizar uma correcta e completa caracterização e identificação do perigo potencial existente no interior das instalações de um aterro sanitário.

As propriedades para identificar a perigosidade das substâncias são basicamente:

- Etiquetado de perigo; - frases R e S; - toxicidade; - limites de exposição; - propriedades físicas (corrosividade,...); - propriedades químicas (contaminantes,...); - inflamabilidade e explosividade; - persistência ambiental; - biocumulação; - ecotoxicidade, entre outras. Uma análise destes dados é essencial para um conhecimento efectivo da perigosidade inerente das substâncias e encontra-se apresentado na tabela 4.3.

Tabela 4.3. Perigosidade inerente das substâncias.

Perigosidade inerente das substâncias		
Avaliação	Valor	Parâmetros
Muito perigoso	4	Muito inflamável, muito tóxica, causa efeitos irreversíveis imediatos
Perigoso	3	Explosiva, inflamável, corrosiva
Pouco perigoso	2	Combustível
Não perigoso	1	Danos leves e reversíveis

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- Critério extensão

O critério extensão é a quantidade de receptor afectado, e pode determinar-se estabelecendo os limites de toxicidades do receptor da fonte contaminante, conforme o apresentado na tabela 4.4.

Tabela 4.4. Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado.

Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado		
Avaliação	Valor	Parâmetros
Muito extenso	4	Raio superior a 1 Km
Extenso	3	Raio inferior a 1 Km
Pouco extenso	2	No próprio local
Pontual	1	Área afectada

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- Critério qualidade do meio

Neste critério, a temporalidade é estimada em função da duração e da reversibilidade do dano, (segundo estes parâmetros serão decididas as medidas primárias ou compensatórias), estes valores encontram-se apresentado na tabela 4.5. Para maior suporte e assessoria na análise qualitativa e em relação aos receptores vulneráveis, a utilização da metodologia apresentada pela Dirección General de Protección Civil y Emergencias de Espanha, nomeadamente em relação aos receptores vulneráveis (Espaços naturais protegidos; protecção de espécies e reversibilidade do dano/recuperação).

Tabela 4.5. Área afectada em função do meio e sua reversibilidade.

Área afectada em função do meio e reversibilidade (temporalidade)		
Avaliação	Valor	Parâmetros
Muito alevado	4	Espaço protegido
Elevado	3	Grau menor que o anterior
Médio	2	Grau menor que o anterior
Baixo	1	Grau menor que o anterior

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

Aplicando o algoritmo referido das consequências (equação 3), é classificado de acordo com a escala apresentada na tabela 4.6.

Tabela 4.6. Escala de classificação consequências.

Avaliação	Valor	Parâmetros	Valor atribuído
Crítico	5	Entre 20 e 18	Gravidade de 5
Grave	4	Entre 17 e 15	Gravidade de 4
Moderado	3	Entre 14 e 11	Gravidade de 3
Leve	2	Entre 10 e 8	Gravidade de 2
Não relevante	1	Entre 7 e 5	Gravidade de 1

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

4.1.4 Atribuição do nível de probabilidade de ocorrência

Para os critérios de atribuição do nível de probabilidade de ocorrência adoptou-se a escala de probabilidade e frequência da Norma UNE 150008:2008, conforme se apresenta em exemplo na tabela 4.7.

Tabela 4.7. Escala de probabilidade/frequência de ocorrência.

Critérios Recolhidos na Norma		Probabilidade atribuída					
		Cenários de acidentes (C)					
Probabilidade/Frequência		Valor	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
<1 Vez/mês	Muito Provável	5					
1 Vez/mês – 1 Vez/ano	Altamente Provável	4					
1 Vez/ano – 1 Vez/10 anos	Provável	3					
1 Vez/10 anos – 1 Vez/50 anos	Possível	2					
>1 Vez/50 anos	Improvável	1					

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 15008:2008).

A probabilidade de ocorrência de cada cenário de acidente calcula-se como o resultado da composição das probabilidades atribuídas a cada um dos eventos ou alternativas recolhidas na árvore de eventos. O resultado desta fase de estudo será a atribuição de uma única probabilidade de ocorrência a cada um dos cenários de acidente possíveis (Norma UNE 150008:2008).

Assim como esta probabilidade pode ser expressa em termos quantitativos ou qualitativos podendo utilizar diferentes critérios complementares, com base em dados da literatura, ou julgamento de peritos. Considerando os cenários de acidente que resultem potencialmente significativos.

4.1.5 Estimativa do risco

Seguidamente procede-se à estimativa do risco referente a cada cenário com os valores apurados nas fases anteriores e através da seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} * \text{Gravidade das Consequências}$$

(Equação 4)

Nesta fase, utiliza-se a matriz de risco, conforme apresentada na tabela 4.8, para com base no valor da magnitude das consequências e probabilidade de um dado cenário obter-se o nível de risco dessa combinação.

Os valores obtidos são colocados no interior das células da matriz, os quais resultam da multiplicação dos valores da probabilidade com os da magnitude das consequências (ex. probabilidade 5 e magnitude das consequências 5, tem o valor de 25 no interior da célula, estes diferentes valores encontram-se apresentados na tabela 4.8).

Tabela 4.8. Matriz de avaliação de risco.

		Gravidade				
		1	2	3	4	5
Probabilidade	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Fonte: Adaptada de (Garcia, 2008).

O valor apresentado destas células tem leitura na escala avaliação da tolerabilidade do risco a qual associa também uma escala qualitativa, conforme apresentado na tabela 4.9.

Tabela 4.9. Avaliação da tolerabilidade do risco/escala qualitativa.

Avaliação da Tolerabilidade do Risco		
Avaliação	Valores	Parâmetros
Muito alto	5	21 a 25
Alto	4	16 a 20
Médio	3	11 a 15
Moderado	2	6 a 10
Baixo	1	1 a 5

Fonte: Adaptada de (Garcia, 2008).

4.1.6 Hierarquização dos cenários de acidente

Seguidamente apresenta-se os cenários de acidente seleccionados e hierarquizados/ordenados por ordem crescente para quantificação dos danos ambientais, ou seja, estimativa dos respectivos recursos naturais afectados, estimativa monetária associada em

cada cenário de acidente e estimativa do nível de risco associado a cada cenário de acidente, como produto entre a probabilidade de ocorrência do cenário e o valor do dano ambiental.

Nesta fase a metodologia utilizada para determinação da quantia da garantia financeira partirá da análise de riscos ambientais da actividade desenvolvida pelo operador, a qual deverá contemplar e ter em consideração as seguintes operações a fim de fixar essa quantia, conforme se apresenta na figura 4.4.

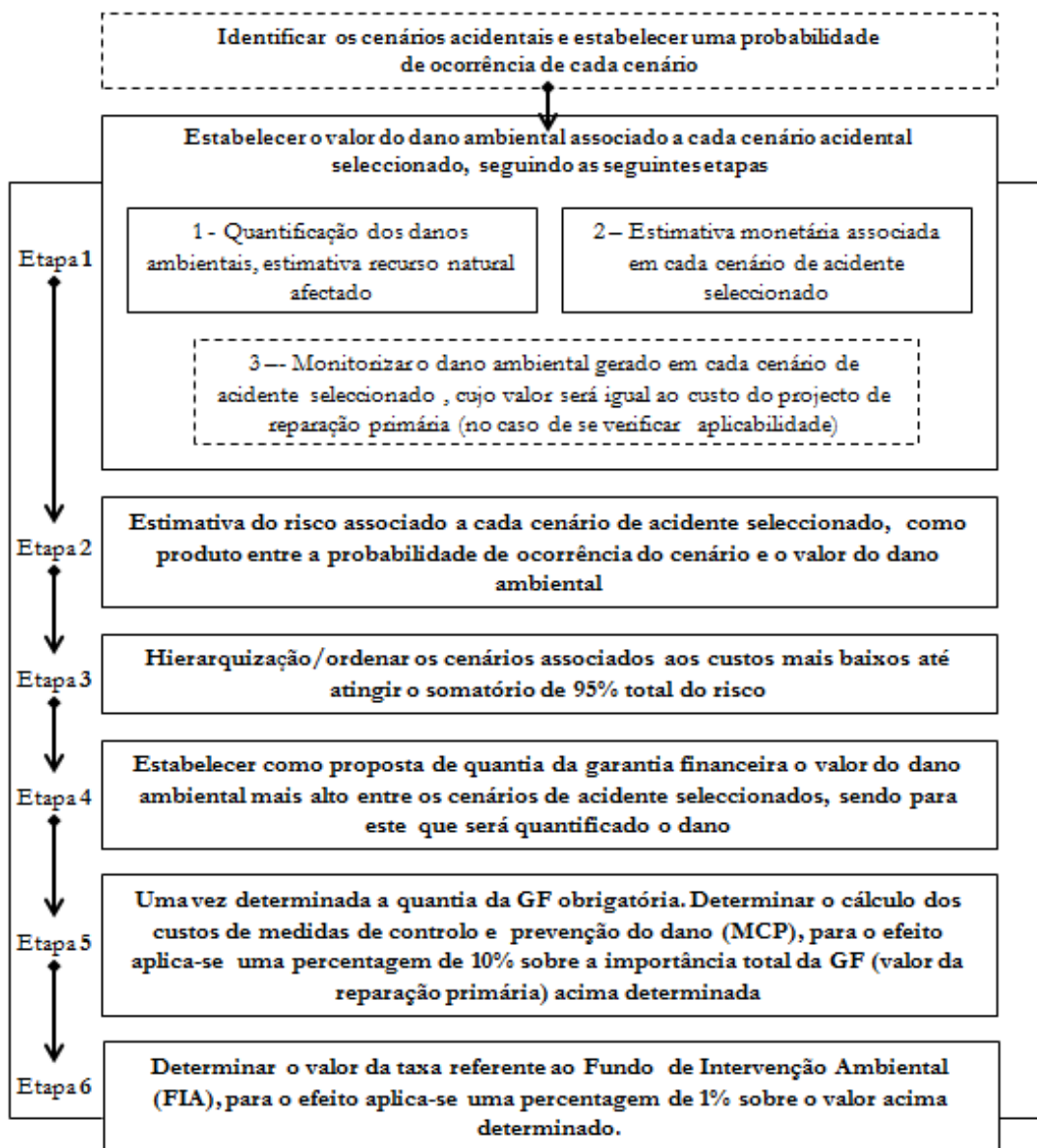


Figura 4.4. Metodologia da garantia financeira. Adaptada do (Real Decreto 2090 /2008).

4.2 Avaliação de danos ambientais

Nesta fase é necessário elaborar uma avaliação dos danos ambientais associados aos cenários de acidentes identificados proporcionados pela análise de riscos relevantes que podem derivar da actividade do operador.

A avaliação de danos ambientais a contemplar incide sobre os descritores naturais identificados, assim como os serviços que estes possam proporcionar no âmbito da alínea e) do artigo 11º do DL RA, no caso de existir alguma alteração adversa mensurável e significativa sobre os mesmos, conforme se apresenta na tabela 4. 10.

Tabela 4.10. Descritores naturais identificados no âmbito do DL RA.

Descritores naturais	Descrição/dano
Espécies e habitats Naturais protegidos	Aos danos causados a estes descritores naturais é exigida a ocorrência de efeitos significativos e adversos, parâmetros constituídos em lei para a sua qualificação como significativos.
Águas superficiais e ou subterrâneas	Nos danos causados a este descritor natural, a necessidade de se verificar a existência de um risco significativo para a saúde humana. (O risco associado a contaminantes químicos é calculado através da relação, $(Risco = Toxicidade \times Exposição)$).

Fonte: Adaptada da (APA; ISQ, 2011).

A quantificação do dano que as fontes de perigo mobilizadas no cenário provocaram sobre os receptores identificados, realiza-se estabelecendo a intensidade, extensão e temporalidade/reversibilidade (Norma UNE 15008:2008).

A intensidade tem a ver com o tipo de efeito que uma fonte de perigo produz sobre o receptor podendo estimar-se através das técnicas propostas no Guia Técnico Europeu de Avaliação de Riscos (European Chemicals Bureau, 2003), o qual estabelece quatro classes de efeitos:

- (i) Letais, perda total do receptor;
- (ii) Agudos, nos casos de perda parcial mas intensa sobre o receptor;
- (iii) Crónicos, efeitos a longo prazo sobre o receptor implicam uma perda de funções que pode equivaler a este parâmetro de perda de receptor, também se aplica a casos de escassas perdas directas do receptor) e;

- (iv) Potenciais, feitos existentes, mas desconhecidos. A quantificação procede da avaliação até aos 10% da crónica. Também classifica os cenários que produzam certos efeitos mas dificilmente comensuráveis sobre o receptor.

Processo de avaliação conforme se apresenta na tabela 4.11.

Tabela 4.11. Avaliação da intensidade do dano sobre os receptores

Avaliação	Parâmetros
Letais	Perda de 100 % do receptor
Agudos	Perda de 50 % do receptor
Crónicos	Perda entre 10 e 20 % do receptor
Potenciais	Perda entre 1 e 2 % do receptor

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 15008:2008).

A extensão refere-se à quantidade do receptor afectado e pode determinar-se estabelecendo os limites de toxicidade do receptor da fonte contaminante, a quantidade recursos mobilizados no cenário, e as equações de difusão do contaminante nos meios de difusão/contaminação/propagação (Norma UNE 15008:2008).

A extensão dos danos é determinada mediante a estimativa da quantidade de recurso ou serviço afectado. Na sua determinação deve-se ter em consideração as seguintes circunstâncias:

- As propriedades do agente causador dos danos;
- As características do meio receptor e qualquer alteração nos meios de difusão e receptores possa ocorrer devido à acção do agente causador do dano.

A temporalidade é estimada segunda a duração e a reversibilidade do dano, (curta duração/longa duração) e em função disto será decidido as medidas primárias e ou compensatória, temática a desenvolver no subcapítulo seguinte (Norma UNE 15008:2008).

O resultado desta fase é uma estimativa tanto da extensão, medida em unidades físicas (hectares, toneladas,...) como da classe de intensidade a que se submete cada receptor.

A figura 4.5 apresenta a metodologia seguida, a qual estabelece as principais etapas desenvolvidas deste estudo para alcançar os objectivos propostos.

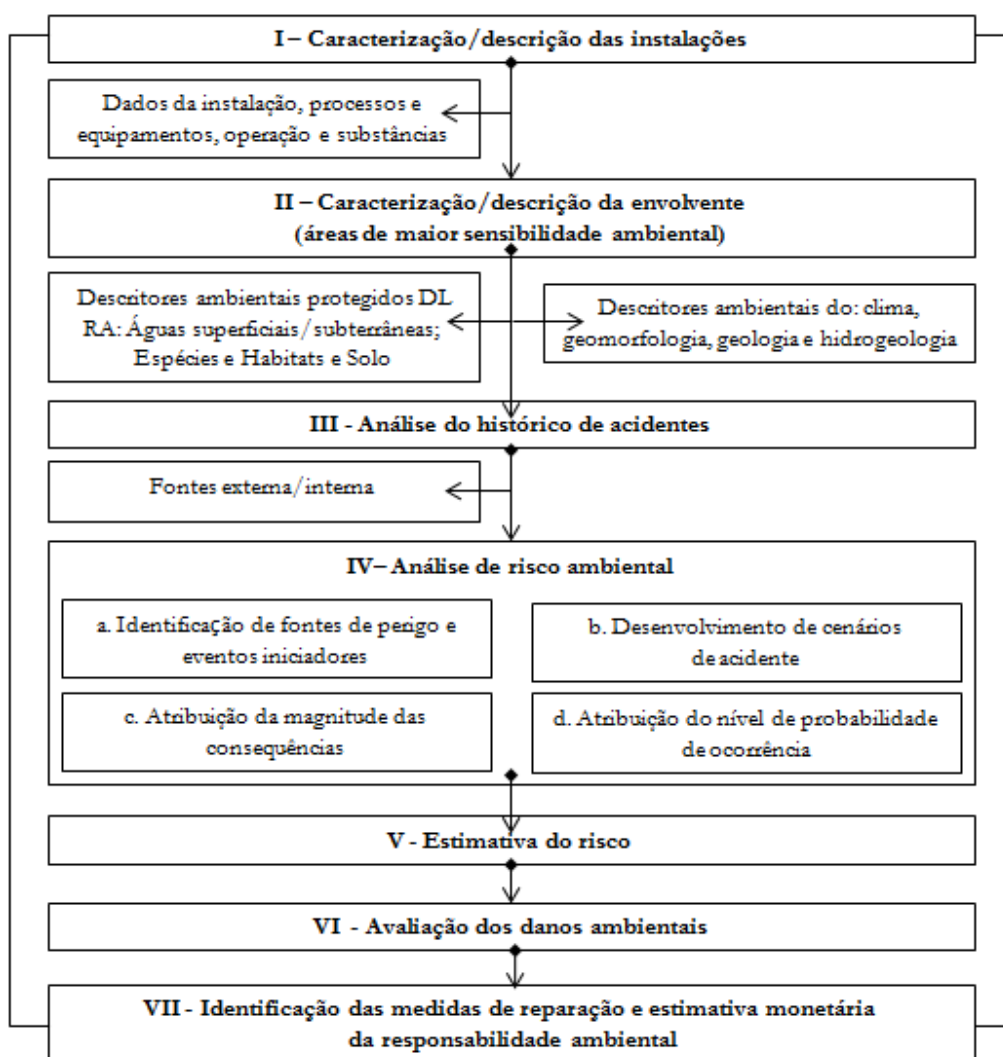


Figura 4.5. Esquema metodológico. (adaptado da Norma UNE 150008:2008).

A avaliação dos danos ambientais pode ser realizada através de metodologias/técnicas qualitativas ou quantitativas, com maior ou menor grau de detalhe. Para quantificar e simular o raio de acção/extensão do dano causado ao solo e às águas subterrâneas e para a obtenção da estimativa deste critério e pela sua complexidade torna-se necessário recorrer a aplicações de modelos matemáticos/dispersão para estimar o volume de substâncias/contaminantes libertadas no meio ambiente.

Na avaliação da significância do dano ambiental, apesar de existirem os critérios para dano ambiental significativo e não significativo, dispostos na subalínea i e ii) da alínea e) do nº 1 do artigo 11º nos termos constantes do anexo IV do DL RA, espécies e habitats naturais protegidos, contudo, por vezes não existe informação suficiente e é efectuada com base no julgamento de peritos tendo em conta a informação disponível.

No caso dos danos causados à água, o carácter significativo dos mesmos é avaliado através da verificação da afectação do estado ecológico ou do estado químico das massas de água de superfície, do potencial ecológico ou do estado químico das massas de água artificiais ou fortemente modificadas, ou do estado quantitativo ou do estado químico das massas de água subterrâneas, tendo em consideração o estabelecido na Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, e respectiva legislação complementar e regulamentar.

Os danos causados ao solo são verificados em função do risco que constituem para a saúde humana, determinados através de um processo de avaliação de riscos que tem em conta as características e funções do solo, o tipo e a concentração das substâncias, preparações, organismos ou microrganismos perigosos. Através das Normas de Ontário²¹, procede-se à aplicação dos critérios associados à designada “abordagem genérica”, critérios estabelecidos com base nos efeitos do contaminante na saúde humana e/ou no ambiente (ME, 2011).

4.3 Reparação de danos e estimativa monetária

A fase de reparação de danos no presente trabalho entra no âmbito da aplicação da reparação primária de modo a restituir os recursos naturais e ou serviços danificados ao estado inicial ou os aproxime desse estado.

As medidas necessárias à reparação de um dano ambiental causado ao solo devem assegurar que, no mínimo, os contaminantes em causa sejam eliminados, controlados, contidos ou reduzidos, de forma que o solo contaminado deixe de comportar riscos significativos de afectação adversa da saúde humana (nº 2 do anexo V do DL RA).

Neste sentido e como refere a Norma UNE 150008:2008, as medidas de reparação primária assentam em medidas de controlo e limpeza, e recuperação. As operações necessárias para controlar e deter a causa do dano são inevitáveis.

A remoção do contaminante é também uma possibilidade a considerar em todas as alternativas, embora em algumas situações pode não ser necessária ou ser impossível.

²¹ A ressaltar que Portugal ao utilizar as normas canadianas deve ter em consideração que a especificidade geológica-litológica, climática, topográfica e hidrogeológica de cada região portuguesa e a conseqüente especificidade dos respectivos solos, será diferente da existente no Canadá, resultando, possivelmente, em alguns desvios da realidade aquando a sua utilização. Estes desvios urgem ser colmatados, designadamente, pela definição de valores nacionais de referência de contaminantes dos solos (EP Solo e Sedimentos, 2012:74). Relatório de Actividades 2009-2011.

Quando se trata de danos recuperáveis de forma imediata, o valor do dano é associado aos custos de controlo e limpeza, e aos de recuperação.

O Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental (APA; ISQ, 2011), refere que a reparação primária tem como principal objectivo a eliminação ou a remoção total ou parcial dos agentes de stress primários (agentes contaminantes causadores do dano), devendo sempre que possível considerar medidas de reparação que privilegiem ou acelerem a regeneração natural do recurso, podendo mesmo passar pela decisão de não intervir, permitindo que o recurso alcance ou se aproxime do seu estado inicial através da regeneração natural.

Contudo, esta opção de reparação através da regeneração natural não traduz a ausência de acções por parte do operador, devendo o mesmo comprovar e assegurar que esta opção será eficaz na restituição do recurso ao seu estado inicial, bem como, efectuar monitorização que demonstre a eficácia da regeneração.

As medidas de reparação primárias, quando possível, podem incluir opções que visam minimizar a necessidade de futura adopção de medidas de reparação complementar e compensatória, concretamente:

(i) Acelerar a regeneração do recurso natural até ao seu estado inicial (alternativamente a reduzir exclusivamente os riscos para a saúde humana e ecossistemas), que pode passar por: - restabelecer os valores de qualidade e quantidade de água superficial verificados anteriormente ao incidente; - repor a quantidade e qualidade (restabelecer ciclo de nutrientes, disponibilidade de nutrientes, capacidade de armazenagem de água; - recuperar da composição e estrutura do coberto vegetal; - garantir restituição da cadeia alimentar e habitats que suportam a vida selvagem.

(i) Restabelecer o acesso a áreas de recreio anteriormente existentes;

(ii) Acelerar a recuperação dos serviços prestados pelo recurso.

A reparação primária restabelece o recurso natural ou serviços lesados ao seu estado inicial, num curto período de tempo, assim como em termos temporais a reparação é mais rápida do que a regeneração natural. Para realizar uma estimativa monetária para as medidas de reparação primária dos descritores afectados, vão ser recolhidos valores de mercado baseados em preços praticados a nível nacional, referente às diversas técnicas de reparação eventualmente a aplicar.

Capítulo V – Caso de estudo: Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos de Mato da Cruz “ASMC”

A localização do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Mato da Cruz (doravante designado por ASMC) situa-se num planalto, latitude 38° 55 06.34 N e longitude 9° 04 15.82 W, próximo ao povoado de Mato da Cruz, na freguesia de Calhandriz no concelho de Vila Franca de Xira, conforme o apresentado na figura 5.1.

O ASMC foi inaugurado em Julho de 1998, compreendendo uma área total de 42 ha, contemplando uma célula de resíduos urbanos da Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, tendo esta sido selada no ano 2000 com 804.526 toneladas de resíduos depositados.



Figura 5.1. Localização do ASMC e áreas sensíveis. Fonte: Geo Eye – Google earth, 2013.

5.1 Caracterização e descrição do ASMC

O ASMC dispõe das melhores técnicas disponíveis (MTD) no âmbito da legislação em vigor, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto relativa à Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), que englobam medidas de carácter geral e medidas de implementação ao longo do processo de exploração e encerramento da instalação, prescritas pelo Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, relativa à deposição de resíduos em aterro, com a nova redacção que lhe foi dada pelo Decreto-lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto;

- Implementação de mecanismos de gestão ambiental de forma a assegurar um melhor desempenho ambiental das actividades, garantindo o cumprimento das disposições regulamentares, nomeadamente, através da Norma ISO 14001 (LA nº 38/2008/ASMC).

O operador está autorizado a depositar no aterro, exclusivamente, nas células de resíduos urbanos e escórias, no disposto na alínea *da)* do artigo nº 3 do DL n.º 178/2006, de 5 de Setembro, conforme se apresenta na tabela 5.1.

Tabela 5.1. Deposição autorizada de resíduos no ASMC.

Deposição autorizada de resíduos em aterro
- Resíduos urbanos recebidos durante as paragens da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (CTRSU) ou que não podem ser processados.
- Inqueimados resultantes do processo de incineração.
- Resíduos não valorizados.
- Escórias provenientes da laboração da CTRSU, após triagem.
- Resíduos hospitalares não perigosos, grupo II, só em situações em que a CTRSU se encontra parada para manutenção.
- Refugos gerados na estação de tratamento e valorização orgânica (ETVO), não passíveis de processamento.
- Resíduos com os códigos LER 190801 (gradados), 190802 (resíduos do desarenamento) e 191212 (outros resíduos, incluindo misturas de materiais, do tratamento mecânico de resíduos, não contendo substâncias perigosas, não forem passíveis de valorização) (Portaria nº 209/2004 de 3 de Março e Alvará nº 83/2010).
- O operador também está autorizado a depositar em aterro, nomeadamente, nas células de cinzas inertizadas, e conforme acima referido estas células estão preparadas para receber resíduos perigosos, cinzas da CTRSU após inertização com ligantes hidráulicos, conjuntamente com as mangas filtrantes de gases (código LER 190199) provenientes da CTRSU, previamente preparadas para deposição (Portaria nº 209/2004 de 3 de Março e Alvará nº 83/2010).

Fonte: Adaptado (LA nº 38/2008/ASMC).

O ASMC comporta no seu quadro orgânico de pessoal 30 trabalhadores. De acordo com a Licença Ambiental nº 38/2008 de 19 de Março, a instalação engloba um conjunto de unidades operacionais com características específicas e infra-estruturas/equipamentos, conforme se apresenta nas tabelas 5.2 a 5.4.

A tabela 5.2. apresenta as unidades operacionais existentes nas instalações.

Tabela 5.2. Unidades Operacionais

Unidades Operacionais
- Aterro de resíduos não perigosos para a deposição de resíduos sólidos urbanos e escórias não valorizadas, formado por duas células;
- Aterro para a deposição de cinzas inertizadas, formado por duas células;
- Instalação de tratamento e valorização de escórias (ITVE);
- Plataforma de recepção/armazenamento temporário de pilhas/ acumuladores;
- Plataforma para armazenamento de recicláveis

Fonte: Adaptado da (LA nº 38/2008/ASMC)

A tabela 5.3. apresenta as estruturas de apoio existentes nas instalações.

Tabela 5.3. Estruturas de Apoio

Estruturas de Apoio
- Portaria; edifício de recepção e apoio;
- Área manutenção; básculas de pesagem, plataformas para lavagem de equipamento e viaturas;
- Central de incêndio/reservatório de água de incêndio e de serviço e respectivos grupos hidropressores;
- Rede de drenagem de águas residuais domésticas;
- Rede de drenagem de águas pluviais;
- Rede eléctrica e de iluminação; grupo motor gerador de emergência;
- Reservatório de combustível para abastecimento das viaturas de circulação dentro da instalação, dotado de uma bacia de retenção;
- Vias de circulação interna; parques de estacionamento/viaturas ligeiras e pesadas;
- Sistema de captação e drenagem de águas lixiviantes;
- Sistema de captação, drenagem e queima do biogás; queimador com capacidade de 500 m ³ /h com temperatura da chama de 1100°.

Fonte: Adaptado da (LA nº 38/2008/ASMC)

A tabela 5.4, apresenta o aterro para deposição de resíduos e área ocupada.

Tabela 5.4. Aterro p/deposição resíduos/área ocupada

Aterro para deposição de resíduos e área ocupada
- Célula de RSU do município de Vila Franca de Xira – 7,1 ha (encerrada), com volume de encaixe de 825.000 m ³ ;
- Células 1 (constituída, alvéolo n.º 1) e 2 (constituída por 2 alvéolos, alvéolo 2 e 3) de RSU e escórias – 13, 7 ha, com uma capacidade instalada para a deposição de 2.845.719 toneladas de RSU/escórias, a que corresponde um volume de 1.973.384 m ³ com uma compactação dos resíduos assegurando uma densidade média de 1,4 ton/m ³ ;

- Células 1 e 2 de cinzas inertizadas – 4,8 ha, com características de células para deposição de resíduos perigosos uma vez que se encontram dotadas de uma barreira dupla de alta segurança. Têm uma capacidade instalada de 537.214 toneladas e 324.960 toneladas a que corresponde um volume de encaixe de 415.074 m ³ e 270.800 m ³ , respectivamente, assegurando uma densidade média de compactação das cinzas de cerca de 1,2 ton/m ³ ;
- Célula 3 de RSU – 2,4 ha, com capacidade de 602.800 m ³ ;
- Instalação de tratamento e valorização de escórias (ITVE), escórias provenientes da incineração de resíduos da Central de Tratamento de RSU (CTRSU).
- Estação de tratamento de lixiviados (ETAL);
- Central de aproveitamento de Biogás (dois moto-geradores) para produção de energia eléctrica.

Fonte: Adaptado da (LA nº 38/2008/ASMC)

Como referido acima o ASMC obedece a parâmetros técnicos rigorosos em referência ao BREF, concretamente na aplicação das melhores tecnologias disponíveis no mercado (MTD), no âmbito da Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), obedecendo às exigências normativas e legais.

O que se traduz na prática que as células de deposição de RSU/escórias e cinzas inertizadas acima mencionadas, estão tecnicamente construídas por um sistema de impermeabilização de fundo/taludes para evitar a possibilidade de qualquer contaminação, quer dos solos envolventes, quer de aquíferos existentes nas suas proximidades.

5.1.1 Controlo ambiental

De acordo com o disposto no Artigo 25º do DL nº 152/2002, de 23 de Maio, relativa à deposição de resíduos em aterro (actual artigo 11.º do DL n.º 183/2009 de 10 de Agosto) a exploração do aterro é acompanhada de processos de controlo relativos a assentamentos e enchimento, lixiviados, águas subterrâneas e superficiais, bem como dos gases gerados.

A referir que o controlo ambiental responde ao estipulado na Licença Ambiental nº 38/2008 de 19 de Março/ASMC, decorrente do facto de estar abrangida pelo DL PCIP acima mencionado. O controlo dos assentamentos e enchimento é realizado com recurso ao apoio de levantamento anual e controlo topográfico, de forma a tornar possível a comparação e a sobreposição dos resultados obtidos com resultados anteriores (Licença Ambiental nº 38/2008, de 19 de Março/ASMC).

O controlo dos lixiviados gerados no ASMC é efectuado através de monitorização tanto em relação à sua quantidade como à sua qualidade. São monitorizados os lixiviados provenientes das células em exploração de RSU e de cinzas inertizadas, assim como da célula encerrada – VFX) e da área impermeabilizada da ITVE;

O volume de lixiviados é medido em regime contínuo, através de medidores/totalizadores de caudal. Em relação à qualidade, a periodicidade de amostragem realizada obedece aos parâmetros analisados em conformidade com a Licença Ambiental nº 38/2008 de 19 de Março, no âmbito do DL PCIP atrás referido, mensal, trimestral e semestral;

O controlo da qualidade das águas subterrâneas na zona de implantação do ASMC é efectuado através de uma rede piezométrica (constituída por 8 piezómetros) dentro da área do mesmo. A periodicidade de amostragem cumpre o disposto e conformidade com a Licença Ambiental nº 38/2008, de 19 de Março/ASMC, sendo mensal, semestral e anual consoante os parâmetros analisados;

O controlo das águas superficiais é efectuado na ribeira Crós-Cós, linha de água mais próxima, com nascente a montante, lado oeste, do vale onde se encontra localizado o ASMC, afluindo ao rio Tejo. A periodicidade de amostragem definida é trimestral aos parâmetros estabelecidos na Licença Ambiental nº 38/2008, de 19 de Março/ASMC;

Em relação ao controlo da qualidade dos gases produzidos é efectuado em todos os poços de drenagem instalados em zonas de aterro de RSU, onde se atingiram as cotas finais de enchimento, bem como nas áreas já encerradas. Assim como, são efectuadas medições mensais dos teores de CH₄ (metano), CO₂ (dióxido de carbono) e O₂ (oxigénio) e o caudal conduzido a combustão é quantificado à entrada do queimador., decorrente da Licença Ambiental nº 38/2008, de 19 de Março/ASMC.

5.1.2 Sistema de drenagem e queima de biogás

O biogás formado no aterro é captado através de furos verticais na massa de resíduos, desde a base da célula, os quais são executados gradualmente, durante a exploração, com recurso a cabeçais em aço móveis. O sistema de drenagem e – queima – do biogás é constituído por duas redes independentes, uma em cada célula de RSU, e por um queimador de biogás, ao qual as redes se encontram ligadas.

A central de recuperação e aproveitamento de biogás no ASMC é uma solução de valorização energética e está implementada de forma a garantir as condições de segurança, minimização de impactes ambientais e controle de qualidade.

O sistema permite a valorização energética do biogás produzido por decomposição da fracção orgânica dos RSU depositados no aterro. Compreende a extracção do biogás do aterro, a sua utilização como combustível em dois grupos de moto-geradores de capacidade unitária de 861 Kw de potência eléctrica.

O sistema inclui também o tratamento prévio do biogás para a remoção dos siloxanos, compostos químicos que danificam o normal funcionamento da instalação. As verificações de garantia relacionadas com a produção energética, ruído e qualidade dos gases de escape atestam o cumprimento dos requisitos contratuais e legais (LA nº 38/2008 de 19 de Março/ASMC).

5.1.3 Sistema de drenagem e tratamento de lixiviados

A drenagem dos lixiviados produzidos nas células do aterro é efectuada através de redes espinhadas de drenos que os conduzem por gravidade para uma caixa de visita exterior ao aterro e desta para um poço de bombagem, a partir do qual serão enviados para a estação de tratamento de lixiviados (ETAL).

O sistema de tratamento da estação de tratamento de lixiviados (ETAL) do ASMC consiste numa combinação de um tratamento biológico com um tratamento físico-químico.

Os lixiviados afluem à obra de entrada, onde é adicionado ácido fosfórico para garantir as concentrações de fósforo necessárias ao bom funcionamento do tratamento biológico e antiespumífico para evitar a formação de espumas durante o tratamento.

De seguida, os caudais são repartidos equitativamente para alimentar as duas lagoas de arejamento. Nas lagoas, os microrganismos degradam a matéria orgânica presente nos lixiviados, com a ajuda do oxigénio fornecido pelas turbinas flutuantes (duas em cada lagoa) (LA nº 38/2008/ASMC).

5.2 Descrição da envolvente do ASMC e análise qualitativa das áreas de maior sensibilidade ambiental

Esta descrição pretende com a informação disponível apresentar dados sobre o estado dos recursos naturais à data abrangidos pelo DL RA presentes na envolvente do ASMC. A área de estudo aqui considerada é nesta fase mais alargada, pois ainda não se definiu a área de influência, a qual só poderá ser melhor ajustada após o desenvolvimento dos cenários de acidente. De acordo com o Guia da Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental, (APA; ISQ, 2011), descreve que a área envolvente é subjectiva, pois varia com inúmeros factores, entre os mais importantes, a natureza e extensão provável ou real das ameaças, o tipo de habitats e espécies envolvidos, as condições climatéricas e a topografia da área.

(i) Clima

O clima na área de estudo corresponde às características de um clima mediterrâneo. Um verão sem chuva, com muitas horas de sol e quente, em alternância nítida com uma estação fresca durante a qual se sucedem desordenadamente os dias de chuva e as abertas de sol. A proximidade do rio Tejo, como massa de água de grandes dimensões, funciona como elemento regulador de um microclima, influenciando o clima em vários meteoros, principalmente a temperatura.

As temperaturas máximas de 40° C ocorrem com frequência no Verão e as mínimas podem chegar a valores negativos, não ultrapassando -1° C no Inverno.

A pluviometria em termos de valores absolutos, regista Janeiro como o mês mais chuvoso, atingindo-se 109,4 mm de pluviosidade e Julho, como o mês mais seco em que atinge 3,1 mm de pluviosidade.

A velocidade média do vento, valores mais elevados, no Verão/Agosto é de 10, 8 km/h e no Outono/Inverno/Novembro, 7,7 km/h. O vento com maior frequência, regista-se quadrante NW, distribuído ao longo do ano, mas a maior velocidade média é atingida no quadrante N (PDM-VFX, 2013).

(ii) Geomorfologia, Geologia e Hidrogeologia

Em termos hipsométricos a área de estudo apresenta um relevo ondulado, entre as cotas 230 m e 288 m, apresentando um suave pendor para Sul. Devido à inclinação das encostas (declives), traduz numa drenagem natural e riscos de erosão. Estas zonas de declive encontram-se incluídas em Reserva Ecológica Nacional (REN).

(iii) Águas superficiais e subterrâneas

A Sul encontra-se dentro do perímetro do ASMC, conforme ilustra a figura 5.2 a nascente do rio Crós-cós e vale, cujos afluentes apresentam um regime de linhas de água temporárias. O relevo apresenta-se com uma definição de linhas de drenagem naturais, talwegues, e linhas de cumeada, festos, e bacia hidrográfica. A referir que esta nascente foi cortada aquando da construção da auto-estrada – A 10.

A montante do aterro as instalações contam com um ponto de captação de água, furo artesiano com cerca de 200 m de profundidade. O rio Crós-cós é um afluente da margem direita do rio da Silveira, que por sua vez aflui ao rio Tejo e apresenta uma orientação NW – SE, e desenvolve-se ao longo de 6,0 km, dominando uma bacia hidrográfica com uma área de 5,8 km² (Visa, 2010).

Em termos de águas superficiais/subterrâneas do ponto de vista hidrogeológico, a área de influência/estudo não se insere em nenhum sistema aquífero reconhecido na bibliografia, por não se reconhecer continuidade hidráulica nem fácies hidroquímica característica das várias formações geológicas jurássicas identificadas na região (Visa, 2010).

As características fisiográficas e geológicas da bacia hidrográfica abrangidas pela área de influência/estudo, em conjugação com as da precipitação da região, induzem um regime hidrológico na rede hidrográfica praticamente de linhas de água temporárias.

O que traduz que o caudal circulante na rede hidrográfica da área de influência/estudo é pouco significativa, (ausência de caudal) só existindo escoamento após ter-se registado uma precipitação significativa.



Figura 5.2. Perímetro do ASMC. Fonte Geo Eye – Google earth, 2013.

As formações geológicas fazem parte da Bacia Lusitana, constituídas essencialmente por margas e calcários margosos da idade Jurássica. A superfície do solo (composto pelas margas com leitos de calcários margosos e níveis de calcários com intercalações argilosas apresentam permeabilidade muito elevada sendo muito fácil a eventual percolação de lixiviados do aterro através deste horizonte.

De acordo com o Instituto Geológico e Mineiro (IGM), é referido que o complexo jurássico, argiloso ou margoso, não apresenta na sua maior parte características que permitam a obtenção de caudais subterrâneos de dimensão significativa, sendo as suas águas aproveitadas em geral por meio de poços, em pequenas intercalações calcárias ou greosas, não se prevendo a contaminação de um lençol freático importante (Visa, 2010).

O Regime de Responsabilidade Ambiental refere-se aos danos ambientais causados à água e às ameaças iminentes desses danos, na medida em que essas águas se encontram enquadradas pela Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água).

Assim, encontram-se abrangidos pelo diploma os danos causados à água enquanto “quaisquer danos que afectem adversa e significativamente, nos termos da legislação aplicável, o estado ecológico ou o estado químico das águas de superfície, o potencial ecológico ou o estado químico das massas de água artificiais ou fortemente modificadas, ou o estado quantitativo ou o estado químico das águas subterrâneas”.

Abrangendo também os serviços prestados por este recurso, considerando relevantes os serviços associados às zonas protegidas, nos termos do estabelecido na Lei da

Água, ou seja, as zonas usadas para captação de água para consumo humano, (protecção de espécies aquáticas de interesse económico); águas de recreio (incluindo águas balneares); zonas designadas para a protecção de habitats/fauna/flora selvagens e conservação das aves selvagens em que a manutenção/melhoramento do estado da água seja um dos factores importantes para a sua conservação, incluindo os sítios relevantes da Rede Natura 2000 (APA; ISQ, 2011). A referir que estes serviços protegidos não foram identificados na área de estudo/envolvente, não serão considerados em termos de danos ambientais decorrentes de eventuais eventos negativos que possam ocorrer no aterro sanitário.

Relativamente à caracterização do meio hídrico (águas superficiais e subterrâneas) envolvente ao aterro sanitário e para a definição do estado inicial das águas, por impossibilidade técnica de recolha de amostras/análises laboratoriais, recorreu-se aos serviços e dados fornecidos pelo operador, relativo à monitorização da qualidade das águas, nomeadamente através das respectivas análises laboratoriais mencionadas nos relatórios ambientais, por conseguinte este recurso encontra-se em permanente actualização.

(iv) Controlo da qualidade das águas superficiais

O controlo é efectuado na linha de água mais próxima, concretamente no rio Crós-cós, com nascente a montante (no topo oeste) do vale onde se implanta o ASMC, e que vai afluir ao rio Tejo. Existe um colector pluvial (1 m de diâmetro) que atravessa a base do aterro sanitário, (no local onde tinha início o rio Crós-cós (a oeste do ASMC), o qual recebe as águas pluviais a montante do aterro bem como as águas pluviais (que não estão em contacto com a área de deposição de resíduos) das valetas superficiais existentes no perímetro do aterro. Este colector descarrega as águas no rio Crós-cós, a jusante do aterro (a sudeste do ASMC), numa boca-de-lobo.

Os pontos de colheita das águas superficiais do ASMC estão localizados a montante, na boca-de-lobo onde se inicia o colector pluvial e a jusante, na boca-de-lobo onde termina o colector. Por vezes a colheita de amostras não é possível devido a ausência de água nos dois pontos de amostragem.

Nos quadros 1 e 2 do anexo A estão apresentados os resultados obtidos referentes ao último trimestre de 2011, nos pontos de montante e jusante, para os parâmetros definidos na Licença Ambiental nº 38/2008/ASMC (RA, 2012/ASMC).

Da análise ao estado da massa de água superficial (linha água/rio Crós-cós) e de acordo com o Anexo V do Decreto-Lei nº 77/2006, de 30 de Março, com o Decreto-Lei nº 103/2010, de 24 de Setembro com as alterações ao Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, verifica-se que os parâmetros se encontram dentro dos valores admissíveis (VMA) definidos.

(v) Controlo da qualidade das águas subterrâneas

O controlo é efectuado através da rede piezométrica (8 piezómetros) localizada no interior do ASMC. Em relação ao fluxo subterrâneo preferencial, verifica-se:

- Os piezómetros 1, 2, 12 e 13 constituem o referencial a montante do aterro;
- Os piezómetros 9, 10, 14 e 15 constituem o referencial a jusante do aterro.

Nos quadros 3 e 4 do Anexo B estão apresentados os resultados obtidos na rede piezométrica referente ao ano de 2011, nos pontos de montante e jusante, para os parâmetros definidos na Licença Ambiental nº 38/2008/ASMC (RA, 2012/ASMC).

Da análise ao estado da massa de águas subterrâneas e de acordo com o Anexo V do Decreto-Lei nº 77/2006, de 30 de Março, com o Decreto-Lei nº 103/2010, de 24 de Setembro com as alterações ao Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, verifica-se que os parâmetros se encontram dentro dos valores admissíveis (VMA) definidos.

(vi) Espécies e habitats naturais protegidos

Em termos de espécies e habitats naturais protegidos, o DL RA refere-se aos danos ambientais e às ameaças iminentes desses danos causados aos habitats naturais e espécies da flora e da fauna, denominado por espécies e habitats, com estatuto de protecção, estabelecido pelo DL nº 140/99, de 24 de Abril, com a nova redacção do DL nº 49/2005, de 24 de Fevereiro, que transpõe para o ordenamento jurídico interno as Directivas nº 79/409/CEE, de 2 de Abril (Directiva Aves) e nº 92/43/CEE, do Conselho, de 21 de Maio (Directiva Habitats). O DL RA aplica-se aos danos causados às espécies e habitats quando se verificarem efeitos significativos adversos para a consecução ou manutenção do estado de conservação favorável desses habitats ou espécies, nos termos do estabelecido no item I) da alínea e) do nº1 do artigo 11º.

Em termos de flora, a área de estudo é caracterizada pela presença de espécies, como o zambujeiro, o pinheiro bravo, o carvalho cerquinho e a azinheira. Na área em estudo não se detectaram zonas de elevada sensibilidade e valor ecológico. Porém, as unidades de vegetação matos merecem algum destaque, quer devido à sua diversidade florística, quer devido à protecção mecânica que exercem nas zonas mais declivosas contra a erosão hídrica. Em termos de fauna, a área de estudo não apresenta registos com identificação de espécies protegidas.

Depois desta análise pode ser referido que na área envolvente do ASMC, não foram identificadas quaisquer espécies e habitats naturais protegidos pelo DL RA, não se encontra abrangida por nenhuma área classificada em qualquer das redes de conservação de natureza, nacional ou europeia, (Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC), estabelecido pelo DL n.º 142/2008, de 24 de Julho), nomeadamente em relação a áreas protegidas integradas na Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP); Áreas classificadas no âmbito da Rede Natura 2000 (sítios da Lista Nacional de Sítios e as Zonas de Protecção Especial); Áreas classificadas ao abrigo de compromissos internacionais assumidos pelo Estado Português, designadamente áreas RAMSAR.

(vii) Solos

Em relação à qualificação do solo e quanto à ocupação e uso na envolvente, em relação às condicionantes da envolvente em estudo, a vertente Sul apresenta o emissário com início na ETAL/ ASMC com sentido à ETAR/Alverca. Na vertente Este, encontram-se áreas de recursos geológicos complementares (área de Reserva de Margas e Calcários Margosos). Estamos perante uma área de risco em toda a envolvente, desaconselhável à construção (PDM-VFX, 2013).

Apresenta reduzidas potencialidades agrícolas, estando incluído na classe de capacidade de uso "Ee" e "Es", ou seja, trata-se de solos com (reduzida espessura efectiva do solo), baixa fertilidade e uma baixa capacidade de retenção de água e considerados solos de elevada susceptibilidade a fenómenos de erosão e escorregamento superficial como factor limitante, com capacidade de uso agrícola muito baixa, com limitações severas em termos agrícolas. São solos que apresentam limitações em termos de exploração de pastagens e de exploração florestal. Os solos em estudo não se encontram classificados na Reserva Agrícola Nacional (RAN) (Visa, 2010).

Relativamente à caracterização do solo tanto no interior como na envolvente ao aterro sanitário e para a definição do seu estado inicial, por impossibilidade técnica de recolha de amostras/análises laboratoriais, e dados/informação do operador, não são apresentados parâmetros específicos, referente às actividades desenvolvidas.

No caso de danos ao solo e conforme disposto no artigo 20º do DL 73/2011, de 17 de Junho, que podem ser estabelecidas normas para descontaminação dos solos, devendo as mesmas ser aprovadas por portaria, todavia até à publicação das referidas normas técnicas ou legislação especial (que actualmente ainda não ocorreram), recomenda-se a consulta das Normas Canadianas (Canadian Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites ou o Guidelines for use at contaminated sites in Ontário e respectiva revisão²², ou das Normas Holandesas (Target Values and Intervention Values for Soil Remediation) como critérios de avaliação da contaminação dos solos, consoante o tipo de utilização dos mesmos (APA e ISQ, 2011).

Em termos hipsométricos do terreno no interior das instalações como na sua envolvente situa-se aproximadamente entre as cotas 230 m e 288 m, o relevo é desenhado por uma inclinação das encostas, declives entre 6% e 12% apresentando mais a Norte declives situados entre os 12% e 25% e a Sul, vale do rio Crós-cós com declives superiores a 25%. O que traduz numa drenagem natural, com definição de linhas de drenagem naturais, talwegues, e as linhas de cumeada, festos, e bacia hidrográfica.

Neste contexto o escoamento, escorrências das águas pluviais ou mesmo na ocorrência de derrame/fuga de lixiviados, a morfologia do terreno apresenta-se favorável ao escoamento/escorrências num único sentido ou direcção, do maior declive descendente, Norte/Sul, afluindo na bacia da linha água (vale/bacia do rio Crós-cós), tanto do lado NE como do lado SW do aterro sanitário, o qual se apresenta sem caudal só existindo escoamento após ter-se registado uma precipitação significativa.

A figura 5.3 apresenta a morfologia/relevo do terreno e respectivos sentidos /direcções das possíveis escorrências das águas torrenciais/provável lixiviado, distâncias e

²² Listagem de potenciais contaminantes e respectivas concentrações para a protecção da saúde humana e ecossistemas em função do uso do solo em meio cuja massa de água subterrânea (aquífero ou formação hidrogeológica indiferenciada) é explorada para consumo humano – água potável; Informação disponível em Ministry of the Environment. Soil, Ground Water and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act. 2011. http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@ene/@resources/documents/resource/stdprod_086516.pdf. (For information only. This document is the scientific support document for the standards that were referred to in Ontario Regulation 153/04 from December 2009 to May 2011. The updated version, which aligns with the current standards, set out in the "Soil Ground Water and Sediment Standards for use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act", April 15, 2011. is available at http://www.ene.gov.on.ca/environment/en/subject/brownfields/STDPROD_075745.html); http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@ene/@resources/documents/resource/stdprod_081546.pdf

local de afluência, podendo expeditamente perceber-se numa primeira análise de diagnóstico, independentemente dos modelos matemáticos/dispersão que se possam utilizar, as áreas afectadas na ocorrência de um derrame/fuga de lixiviados, não abrangendo uma extensão significativa em largura, consoante o lado afectado (cerca de 15 m e 45 m), devido aos obstáculos naturais existentes, nomeadamente através de linhas de drenagem naturais, (talwegues, linhas de cumeada, festos, declives, escoamento unidimensional, escoamento em cada ponto segundo a direcção do maior declive descendente²³ e um comprimento aproximado de 320 a 480 m, até à bacia hidrográfica do rio Crós-cós (estas medidas foram efectuadas por recurso à ferramenta de medição do Google earth, recolha de informação, observação e diagnóstico no local).



Figura 5.3. Sentidos/direcções possíveis das escorrências. Fonte Geo Eye – Google earth, 2013.

Em síntese a retirar da análise, a referir que o ASMC e respectiva área envolvente não se localiza em qualquer área sensível. Bem como, conforme referenciado na figura 5.1, as áreas ecológicas mais sensíveis e próximas das instalações do aterro indicam o Sítio “Estuário do Tejo” e a Reserva Natural do Estuário do Tejo, a uma distância aproximada de 5 km (medição através da ferramenta do Google earth).

²³ Mais informação em Lança e Rodrigues (2000). 5º Congresso da água. Apresentação de um Modelo Distribuído de Precipitação, Escoamento Superficial. https://sapientia.uaig.pt/bitstream/10400.1/3431/1/2000_lanca_carmona_um_modelo_distribuido_de_precipitacao_escoamento_superficial_5congresso_agua.pdf

5.3 Análise de risco ambiental

A análise de risco examina uma série de perigos e possíveis falhas que constituem os eventos iniciadores, a partir dos quais serão desenvolvidos os cenários de acidente, a fim de determinar a magnitude das consequências associadas a cada cenário. A literatura da especialidade referencia as categorias gerais de acidentes num aterro sanitário que incluem o sistema de impermeabilização, sistema drenagem, recolha e tratamento de biogás, sistema de drenagem, recolha e tratamento de lixiviados (EPA, 1986; SEPA, 2002).

A identificação de perigos/falhas de acidentes foi apoiada em:

- (i) Dados históricos sobre eventos ocorridos nos últimos vinte anos em aterros sanitários à escala global (apresentados no capítulo III);
- (ii) Na literatura da especialidade;
- (iii) Na observação e análise documental, em reuniões de trabalho, esclarecimento da situação referente ao aterro sanitário objecto de estudo.

Da análise do conjunto destas três variantes resultou uma identificação de fontes de perigos e eventos iniciadores mais apurada e aproximada da realidade.

Neste contexto, a situação em termos de implementação de medidas de segurança e prevenção a extrair da análise de diagnóstico efectuada ao ASMC, apresenta-se na tabela 5.5 (LA nº 38/2008/ASMC).

Tabela 5.5. Medidas de segurança e prevenção/ASMC

Medidas de segurança/prevenção implementadas
- Só é permitida a entrada a pessoal credenciado e autorizado;
- A minimização dos impactes ambientais resultantes dos aspectos ambientais significativos, com a implementação de diversas medidas de controlo operacional;
- A implementação do plano de segurança interno/plano de emergência interno e respectivos objectivos e metas estabelecidos, consoante a tipologia do aspecto e impacte ambiental;
- Para os principais dispositivos e equipamentos técnicos sob o ponto de vista da segurança contra incêndios, estão implementadas instruções operacionais as quais se encontram disponíveis junto de cada um dos dispositivos ou equipamentos a que dizem respeito ou para consulta no posto de segurança;

- Estas instruções incluem ainda os procedimentos a adoptar para rectificação das anomalias previsíveis durante a operação normal destes equipamentos/sistemas, nomeadamente: - Iluminação de emergência; - Sinalização (sinais de segurança); - Meios de intervenção; - Sistema de detecção, alarme e alerta, (central de detecção de incêndios); - Meios de intervenção (central de bombagem);

- A implementação de diversas medidas com impacte ambiental positivo tais como, a (re) plantação de espécies vegetais, a reutilização de água, de materiais, e de inertes, o tratamento interno de lixiviados, o aproveitamento biogás na produção de energia eléctrica;

- A estabilidade do aterro obedece e está em conformidade aos cálculos/parâmetros e factores de segurança estabelecidos, exigências do projecto, nomeadamente em relação às estruturas/fundações, inclinações adequadas dos taludes e do solo, compactação de acordo com as normas e estudos, cálculos geotécnicos adequados para enfrentar chuvas persistentes, ventos fortes e sismos.

Fonte: Adaptado (LA nº 38/2008/ASMC)

5.3.1 Identificação de fontes de perigo e eventos iniciadores

Nesta fase foram identificadas e descritas as zonas das instalações e equipamentos conforme se apresenta na figura 5.4 e respectivas fontes de perigo e consequentes eventos iniciadores e causas, conforme se apresenta nas tabelas 5.6 a 5.8.



Figura 5.4. Identificação das zonas das instalações/equipamentos.
Fonte: Geo Eye – Google earth, 2013.

A tabela 5.6 apresenta a identificação e a descrição das zonas das instalações, infra-estruturas e equipamentos do aterro sanitário que foram analisados.

Tabela 5.6. Identificação/descrição das zonas/instalações e equipamentos.

Zonas	Instalações/Equipamentos
A	- Células de resíduos sólidos urbanos/Valorsul;
B	- Estação de tratamento de lixiviados /ETAL) lagoas de arejamento;
C	- Células de deposição de cinzas inertizadas;
D	- Célula de resíduos sólidos urbanos/VFX;
E	- Área de serviços/manutenção/depósito combustível (gasóleo);
F	- Central de tratamento/valorização de biogás;
G	- Instalação de armazenamento temporário de acumuladores/pilhas;
H	- Instalação de tratamento e valorização de escórias.

A tabela 5.7 apresenta as diferentes fontes de perigo/substâncias identificadas e existentes no interior das instalações do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Tabela 5.7. Identificação/caracterização de fontes de perigo/substâncias no interior das instalações.

Fontes de perigo	Substâncias	Frase/R	Cód. Ler
Combustível/ gasóleo	Substâncias/Hidrocarbonetos (carbono, hidrogénio) / hetero-compostos (carbono, hidrogénio, enxofre, azoto, oxigénio, vários metais).	R40/52/53/65/66	13 07 01(*)
Acumuladores/ pilhas	Substâncias incorporadas, metais pesados, em especial o chumbo (Pb), o cádmio (Cd), o mercúrio (Hg) e Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄).	(Pb): R61/20/22/62; (Cd): R20/22/23/45/46/ 48/51/53/60/61 (Hg): R23/24/25/33/34/ 52/53	16 06 01(*) 16 06 02(*) 16 06 03(*)
Lixiviado	Composição/substâncias: (pH); Condutividade; Carência Química de Oxigénio (CQO); Carbono Orgânico Total (COT); Carbonatos (CaCO ₃); bicarbonatos (HCO ₃); Cianetos (CN); Cloretos (Cl); Fluoretos (F); Azoto Amoniacal (NH ₄); Nitritos (NO ₂); Sulfatos (SO ₄); Sulfuretos (S); Alumínio (Al); Bário (Ba); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn); Antimónio (Sb); Arsénio (As); Cádmio (Cd); Crómio total (Cr); Crómio Hexavalente (Cr ₆); Mercúrio (Hg); Níquel (Ni); Chumbo (Pb); Selénio (Se); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Potássio (K); Sódio (Na); Fenóis (C ₆ H ₅ OH); Compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX); Hidrocarbonetos totais). Anexo D – quadro 7.		
Biogás	Substâncias gases: Metano (CH ₄); Dióxido carbono (CO ₂); Ácido Sulfídrico (H ₂ S); Azoto (N). Composição em Anexo /F – quadro 9.		

Seguidamente apresenta-se uma síntese abrangente referente à caracterização das substâncias consideradas fontes de perigo e existentes no interior do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (RSU).

(i) Combustível (gasóleo)

Em relação ao gasóleo, quantidade armazenada em depósito de superfície com uma capacidade de 30 m³ (Memória descritiva/ASMC), é considerado perigoso para o ambiente, possibilidade de efeitos cancerígenos; nocivo/tóxico para os organismos aquático, podendo causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático; pode causar danos nos pulmões se ingerido; pode provocar secura na pele ou fissuras por exposição repetida.

Pode acumular-se em sedimentos e relativamente à sua persistência e biodegradabilidade é inerentemente biodegradável, não havendo nenhuma indicação que possa sugerir a possibilidade de ocorrer bio-acumulação. O seu ponto de inflamação é relativamente alto (> 56°C mín) não é classificado como inflamável pelo que não é expectável que, perante uma fonte de ignição, sem a presença de outros factores, possa gerar fenómenos de incêndio/explosão (Directiva 1999/45/CE; BP, 2005; URS, 2012).

(ii) Acumuladores/pilhas

O seu armazenamento é temporário, quantidade anual envolvida 0,001 toneladas (t) (referente ao ano de 2011) com destino a operação de valorização/eliminação, (RA, 2012/ASMC), substâncias perigosas incorporadas em especial aos metais pesados, como:

- Chumbo (Pb) - caracterizado como perigoso para o ambiente e de efeitos cumulativos, assim como nocivo por inalação e ingestão / muito tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático; riscos de efeitos graves, para a saúde humana;
- Cádmio (Cd) – nocivo, risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação e ingestão. Tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático;
- Mercúrio (Hg) – tóxico por inalação, em contacto com a pele e por ingestão. Perigo de efeitos cumulativos. Tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático;
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) – ácido muito forte, tóxico e corrosivo, risco potencial para a saúde humana. Pode contaminar cursos de água, tornando-os impróprios para o uso ou qualquer outra finalidade, (Brasinter, 2010).

(iii) Lixiviados

Em relação ao lixiviado, a quantidade média em volume (m^3) nível de lixiviados existente nas instalações ao longo do ano, aproximadamente $7.500 m^3$, distribuído através de poços de captação, lagoa ITVE, lagoas arejadas e afluente à ETAL (RA, 2011/ASMC).

Os lixiviados de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos contêm certos contaminantes a níveis de concentração que podem gerar impacto, entre outros factores ambientais, às águas subterrâneas e superficiais, podendo representar uma ameaça para a saúde pública. A migração dos lixiviados de aterro no ambiente podem ocorrer de várias formas, como através de fluxo incontrolado, por escorrência superficial, por abatimento (alívio) ou por infiltração, desde modo, uma das práticas utilizadas para evitar riscos é através da recolha dos lixiviados para instalações de tratamento (ETAL) e controlo estrito da emissão de lixiviados no meio ambiente (Colomer, 2006).

A sua libertação para o ambiente é um dos maiores impactes ambientais relacionados com a eliminação de resíduos. De acordo com Kjeldsen *et al.*, (2002) a sua composição assenta em quatro grupos de poluentes, nomeadamente:

- Matéria orgânica dissolvida (ácidos graxos voláteis e compostos orgânicos mais refractários como ácidos húmicos e fúlvicos);
- Macronutrientes inorgânicos (Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Amónio (NH_4^+), Ferro (Fe^{2+}), Manganésio (Mn^{2+}), Cloreto (Cl), Sulfato (SO_4^{2-}) e Carbonato de Hidrogénio (HCO_3^-));
- Metais pesados (Cádmio (Cd^{2+}), Cromo (Cr^{3+}), Cobre (Cu^{2+}), Chumbo (Pb^{2+}), Níquel (Ni^{2+}) e Zinco (Zn^{2+}));
- Compostos orgânicos xenobióticos originários de resíduos domésticos e químicos presentes em baixas concentrações (hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, alifáticos clorados, pesticidas e plastificantes).

Os dados existentes mostram que a composição do lixiviado é altamente dependente da fase da degradação dos resíduos. Na fase ácida, a concentração é geralmente mais elevada devido ao aumento da formação de matéria orgânica dissolvida e libertação de amónia. Na fase metanogénica, o teor de matéria orgânica dissolvida diminui significativamente a composição da matéria orgânica indicada pela carência bioquímica de

oxigénio ao quinto dia CBO₅: valores de carência química de oxigénio (CQO) abaixo de 0,10. A concentração de amónia parece não seguir a mesma tendência de queda e pode constituir um dos principais poluentes a longo prazo no lixiviado. O teor de metais pesados no efluente é geralmente muito baixo, resultante de processos atenuantes (adsorção e precipitação) ocorrendo no interior da massa de resíduos (Kjeldsen *et al.*, 2002).

Ernst *et al.* (1994) in Kjeldsen *et al.*, (2002)., concluíram que o amoníaco era a principal causa de toxicidade aguda em lixiviados de aterro municipal, enquanto aos efeitos crónicos em halogéneos orgânicos absorvíveis identificados no lixiviado foi inconclusiva.

Com base em testes de toxicidade em 27 lixiviados de aterro, Clement *et al.* (1997), concluíram que o amoníaco e a alcalinidade são os factores mais prováveis que contribuem para a toxicidade observada. Estudos realizados por Cheung *et al.* (1993), e Clemente e Merlin (1995), também concluíram que o amoníaco era a principal causa de toxicidade medida nos bioensaios. Existem outros estudos que indicam que os factores como o pH, a condutividade, e as concentrações de cloreto de cobre, ou de zinco também podem ser de grande importância para a toxicidade aquática avaliada por bioensaios aquáticos (Kjeldsen *et al.*, 2002).

A tabela 5.8 apresenta dados da composição de lixiviados de aterro sanitário em função da respectiva idade, o que é o mesmo que dizer que cada alvéolo de um aterro sanitário, com idades diferentes, gerará lixiviados diferentes.

Tabela 5.8. Dados da composição dos lixiviados em aterros novos e velhos.

Parâmetros/Composição	Aterros novos		Aterro c/mais de 10 anos
	Intervalo (mg/l)	Valor típico	
CBO ₅	2 000 - 30 000	10 000	100 - 200
CQO	3 000 - 60 000	18 000	100 - 500
COT	1 500 - 20 000	6 000	80 - 160
SST	200 - 2 000	500	100 - 400
Azoto orgânico	10 - 800	200	80 - 120
Azoto amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
NO ₃ ⁻ - nitratos	5 - 40	25	5 - 10
P _{tot}	5 - 100	30	5 - 10
Ortofosfatos - PO ₄	4 - 80	20	4 - 8
Alcalinidade em CaCO ₃	1 000 - 10 000	3 000	200 - 1 000
pH	4,5 - 7,5 (s/ unidades)	6	6,6 - 7,5
Dureza total em CaCO ₃	300 - 10 000	3 500	200 - 500

Fonte: (Russo, 2003:128).

Em relação ao lixiviado do aterro objecto de estudo, da quantidade e da qualidade dos lixiviados produzidos no Aterro, o controlo da qualidade dos lixiviados produzidos é realizado por meio de colheitas de amostras nos pontos de descarga dos lixiviados para a Estação de Tratamento de Lixiviados. Assim como o volume de lixiviados produzidos é determinado através de medidores de caudal instalados à entrada da Estação de Tratamento de Lixiviados, (Anexo D) (RA/2011/ASMC).

(iv) Biogás

Em relação ao biogás, a quantidade média em volume produzida nas instalações anualmente expressa 15.512 ton/ano (12.401.095 m³), média de 33.975 m³/dia (RA, 2011/ASMC).

O biogás apresenta características de inflamabilidade, explosividade, toxicidade, corrosividade e ecotoxicidade. A composição do biogás a partir de resíduos biodegradáveis é uma mistura predominantemente composta de metano e dióxido de carbono e pequenas quantidades de hidrogénio, presentes em concentrações percentuais. Pode também, conter quantidades variáveis de azoto e oxigénio proveniente do ar ao ser arrastado para o aterro sanitário, assim como também uma grande variedade de componentes vestigiais, cerca de 550 compostos pertencentes a uma variedade de grupos químicos identificados como gases de aterro, o seu conjunto perfazem 1% do gás (SEPA, 2004).

Relativamente às características do biogás:

(i) Inflamabilidade /explosividade - o metano é um gás inflamável e explosivo, com um poder calorífico de 35,9 MJ/m³, pode tornar-se explosivo na presença com o ar, quando presente entre os limites de concentração de 4,4 por cento e 16,5%, a 20 ° C e pressão de 1 atmosfera. Estes limites são conhecidos como: - limite inferior de explosividade e limite explosivo superior, ou seja, limites inflamáveis superior e inferior, respectivamente. A migração e diluição dos gases com o ar pode, portanto, resultar na formação de um ambiente altamente explosivo. A mistura mínima de oxigénio necessária para a ignição do metano é aproximadamente 14% por cento (por volume). A ter em conta também, que o gás de aterro também pode conter concentrações variáveis de outros agentes inflamáveis, como: - o hidrogénio (limites inflamáveis 4 - 75% por cento) e o sulfureto de hidrogénio (limites inflamáveis 4 -44%) (SEPA, 2004).

(ii) Toxicidade - alguns dos componentes do biogás, incluindo o dióxido de carbono e um número de componentes vestigiais, podem ter efeitos tóxicos quando presentes em concentrações suficientemente elevadas, nomeadamente, efeitos fisiológicos da exposição ao dióxido de carbono. A tabela 5.9, apresenta as concentrações e efeitos fisiológicos da exposição ao dióxido de carbono.

Tabela 5.9. Concentrações e efeitos fisiológicos da exposição ao dióxido de carbono.

Concentrações %	Efeitos fisiológicos da exposição ao dióxido de carbono
0,03%	- Nenhum efeito, concentração atmosférica normal;
0,5%	- A respiração fica um pouco mais profunda;
2,0%	- A respiração pulmonar aumenta para 50%;
3,0%	- A respiração pulmonar duplica;
5 - 10%	- A taxa de respiração aumenta de três vezes, exaustão rápida e dores de cabeça;
10 - 15%	- Intolerável e ofegante, dores de cabeça graves, colapso;
25%	- Morte.

Fonte: adaptada de (SEPA, 2004).

O sulfureto de hidrogénio, pode estar presente e é tóxico em concentrações baixas (SEPA, 2004).

(iii) Corrosividade - alguns componentes do biogás de aterro e seus derivados têm um potencial efeito corrosivo. A combustão de biogás gera quantidades significativas de dióxido de carbono, assim como a combustão de certos componentes vestigiais, tais como compostos halogenados ou sulfúreo, podem dar origem a ácidos altamente agressivos, podendo mesmo alguns corroer equipamentos ou dissolverem-se em óleos e lubrificantes, causando a corrosão de componentes do sistema. Em temperaturas elevadas, o dióxido de carbono, hidrogénio, hidrocarbonetos e vapor de água podem causar a descarbonização (retirada de carbono de uma liga) e carbonização (coque), adição de intersticial de carbono (SEPA, 2004).

(iv) Ecotoxicidade - a migração de biogás pode causar danos à vegetação e culturas (em terrenos adjacentes), assim como efeitos fitotóxicos, além disso, produtos da combustão do biogás (por exemplo, os gases ácidos como o cloreto de hidrogénio, fluoreto de hidrogénio e de óxidos de azoto e de enxofre) produzem emissões potencialmente lesivos para a vegetação e ecossistemas.

Em relação ao biogás do aterro em estudo, a produção anual do aterro é efectuada com base no modelo LandGEM da EPA para estimar as emissões de biogás produzido no aterro. O potencial de produção de metano (L0) depende da composição dos resíduos e da sua componente degradável e a taxa de produção de metano (k) e varia com as condições locais como sejam o grau de mistura dos resíduos, pH e temperatura. Assente neste modelo os valores convencionais de produção de biogás (L0) é de 170 m³/t e a taxa de geração anual de metano (k) de 0,04 ano⁻¹. Da totalidade do biogás gerado no ASMC considera-se uma percentagem média de metano de 50% (RA, 2012/ASMC).

Da análise quantitativa e relativamente aos níveis de concentração e caudal mássico do monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de azoto (NO_x) e compostos orgânicos não metânicos encontram-se abaixo dos limites de emissão definidos em Portarias nº 80/06 e 677/09 em relação aos VLE (valor limite de emissão)/LMm (limiares mássicos mínimos)/LMM (limiares mássicos máximos), (Anexo F).

Seguidamente apresenta-se a tabela 5.10 referente às zonas do aterro em análise (ver tabela 5.6), fontes de perigo, eventos iniciadores identificados, respectivas causas e probabilidades.

Tabela 5.10. Zonas do aterro, fontes de perigo, eventos iniciadores identificados, causas e probabilidades

Zonas	Fonte Perigo	Evento Iniciador	Causa	Probabilid.
A	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	AE_1 Fuga lixiviados	Falha, rompimento/rotura geomembrana basal	2,60E ⁻⁰³ (24)
	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	AE_2 Saída/Fuga lixiviados	Falha componente sistema drenagem/captação lixiviado	4,00E ⁻⁰² (25)
	Substâncias/biogás (Anexo F – Quadro 9)	AE_3 Migração/fuga biogás/ Incêndio/Explosão	Falha sistema drenagem/captação biogás/rotura tubagem vertical	4,00E ⁻⁰² (31)
B	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	BE_4_A Fuga lixiviados	Rompimento/rotura geomembrana/basal	3,90E ⁻⁰² (30)
	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	BE_4_B Fuga lixiviados	Má soldadura geomembrana basal	9,00E ⁻⁰² (31)
	Substâncias/lixiviado	BE_5	Pluviosidade elevada	1,07E ⁻⁰² (26)

²⁴ As probabilidades de falha foram extraídas da literatura da especialidade e resultado de pareceres/decisões do painel de peritos/especialistas: (Mavropoulos e Kaliampakos, 2002); Pivato, (2004) refere a heterogeneidade dos resíduos e a complexidade das características físicas, químicas e biológicas, os processos que ocorrem no interior de um aterro sanitário necessitam de procedimentos específicos, a fim de avaliar o risco para o meio ambiente. Tema complexo e ainda sujeito a controvérsias a aplicação dos procedimentos de avaliação do risco para o ser humano e para a ambiente. Os dados de falhas estão relacionadas com componentes individuais (camada mineral, sistema de drenagem, revestimento sintético) que analisam o desempenho do componente. O autor revela que a literatura de campo e dados de laboratório sobre as falhas de aterros não são suficientes para estabelecer as distribuições de probabilidade. Portanto, a necessidade de incluir dados subjectivos. Nestes casos, tem-se tornado bastante habitual, recorrer a especialistas e áreas afins na estimativa subjectiva, ou seja, em pareceres sobre o assunto. Estimativas directas sobre a vida média dos componentes de sistema contenção basal podem ser obtidas por meio da técnica Delphi, (o objectivo da técnica Delphi é obter informações e julgamentos dos participantes para facilitar a resolução de problemas de confiabilidade quando não existem dados de campo) considerando-se a contribuição de cada factor para a falha do subsistema.

²⁵ (Pivato, 2004; in Rodic Wiersma e Goossens, 2001);

	(Anexo D – Quadro 7)	Derrame lixiviados por transbordo		
C	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	CE_6 Fuga lixiviados	Rompimento/rotura geomembrana/fundo	8,00E ⁻⁰⁴ (31)
D	Substâncias/lixiviado (Anexo D – Quadro 7)	DE_7 Saída/fuga lixiviado	Falha componente sistema drenagem/captação lixiviado	4,00E ⁻⁰² (31)
E	Substâncias/gasóleo	EE_8 Fuga/derrame gasóleo	Depósito, (capacidade 30 m ³) falha genérica interna	1,00E ⁻⁰³ (27)
F	Substância /biogás (Anexo F – Quadro 9)	FE_9 Emissão biogás	Falha sistema tratamento biogás	-----
	Substâncias/biogás (Anexo F – Quadro 9)	FE_10 Emissão biogás	Sistema de valorização energética de Biogás/Falha nos motogeradores	-----
G	Substâncias/ metais pesados, em especial o chumbo (Pb), o cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e ácido sulfúrico	GE_11 Incêndio (emissões ar/águas residuais da extinção contaminadas)	Armazém/falha interna genérica	-----

A tabela 5.11 apresenta os eventos iniciadores identificados e respectivas medidas de prevenção e contenção, implementadas no aterro sanitário, tendo também em atenção o disposto na tabela 5.5.

Tabela 5.11. Eventos iniciadores/ medidas prevenção/contenção implementadas

Evento Iniciador	Medidas
AE_1 (Fuga lixiviados)	No início da exploração foram tomadas os devidos cuidados relativamente aos resíduos aí colocados de modo a minimizar a probabilidade desta ocorrência. Com base nos dados de monitorização das águas subterrâneas (rede de piezómetros) não existem evidências de que tenha ocorrido fuga de lixiviados na base da célula. Inspeções visuais;
AE_2 (Saída/fuga lixiviados)	Se os sistemas dos poços e bacia não fecharem o derrame vai ocorrer na caixa de reunião dos lixiviados e/ou nas lagoas; se o sistema da bacia não abrir o derrame vai ocorrer na bacia da ITVE. Se o sistema de poços não abrir pode ocorrer uma acumulação excessiva no interior das células o que pode por em causa a estabilidade das telas de fundo. Inspeções visuais;

²⁶ Para calcular a probabilidade de ocorrência de um derrame por transbordo nas lagoas de lixiviados devido a elevada pluviosidade, intensas precipitações, seguiu-se a metodologia utilizada por Colomer, (2006).

Este autor indica os parâmetros e procedimentos necessários para o cálculo da probabilidade de transbordo das lagoas de lixiviados, a partir dos seguintes dados: - Precipitações anuais máximas caídas em 24 horas (mm/h): - Superfície de coroamento das lagoas (m²): - Capacidade existente entre a capacidade máxima das lagoas e o volume de lixiviados contidos permitidos (m³): -Aplicação do método de Gumbel (distribuição de Gumbel/tabela de z) para calcular a probabilidade de transbordamento. Para alcançar este propósito, recolha de dados, recorreu-se à documentação técnica do aterro e às estações meteorológicas mais próximas das lagoas de lixiviados do Aterro Sanitário: - Estações de São Julião do Tojal (20c/01c) e Calhandriz (20c/04ug), indicam setenta e três valores e respectiva estatística do parâmetro precipitação diária máxima anual (mm), nomeadamente, de 01/01/1938 a 04/05/2013 (SNIRH/Dados de Base). Os cálculos realizados partiram do pressuposto das lagoas não excederem 75% da sua capacidade máxima, (observação in-situ) resultando numa probabilidade de não excedência de transbordo de 0,9893, ou seja com uma probabilidade de excedência por transbordo de lixiviados de 0,0107.

²⁷ (INERIS, 2006).

<p>AE_3 (Migração/fuga biogás/ Incêndio/Explosão)</p>	<p>Incêndio extinto através de cobertura com escórias, abafamento. Utilização de água só em caso de não ser possível actuar de outra forma. As águas residuais são encaminhadas para a ETAL, através da rede de lixiviados. Os resíduos resultantes de incêndio-explosão, por não serem perigosos, são depositados na frente de descarga de modo a minimizar as emissões atmosféricas. Substituição das tubagens ou outros elementos da rede de biogás danificados com a maior rapidez possível. Formação de pessoal; manutenção das redes de drenagem de biogás; Controlo operacional; sistemas de detecção fugas; contenção, fecho válvulas de colectores; Inspeções visuais;</p>
<p>BE_4 (A_B) (Fuga lixiviados)</p>	<p>Na actividade diária de acompanhamento do funcionamento da ETAL são realizadas verificações no sentido de identificar eventuais fugas. O controlo das águas subterrâneas (rede de piezómetros) da área, poderá igualmente permitir identificar potenciais fugas. Inspeções visuais;</p>
<p>BE_5 (Derrame de lixiviados por transbordo)</p>	<p>Em situações de pluviosidade elevada o controlo do enchimento das lagoas é efectuado, através da retenção dos lixiviados no interior das células ou da lagoa, pelo fecho dos poços e da lagoa da ITVE. Todos os lixiviados descarregados passam por tratamento. Apenas ocorrerá a descarga de lixiviados não tratados em colector municipal, caso haja alguma falha nas válvulas de fecho dos poços e bacia de lixiviados ou de acesso ao tratamento físico-químico. Assim, se os sistemas dos poços e bacia não fecharem o derrame vai ocorrer na caixa de reunião dos lixiviados e/ou nas lagoas; se o sistema da bacia não abrir o derrame vai ocorrer na bacia da ITVE. Se o sistema de poços não abrir pode ocorrer uma acumulação excessiva no interior das células o que pode por em causa a estabilidade das telas de fundo. Inspeções visuais;</p>
<p>CE_6 (Fuga lixiviados)</p>	<p>No início da exploração foram tomadas os devidos cuidados relativamente aos resíduos aí colocados de modo a minimizar a probabilidade desta ocorrência. Com base nos dados de monitorização das águas subterrâneas (rede de piezómetros) não existem evidências de que tenha ocorrido fuga de lixiviados na base da célula. Assim como tem um sistema impermeabilização/ revestimento composto duplo; sistema de detecção fugas; inspeções visuais;</p>
<p>DE_7 (Saída/fuga lixiviado)</p>	<p>Se os sistemas dos poços e bacia não fecharem o derrame vai ocorrer na caixa de reunião dos lixiviados e/ou nas lagoas; se o sistema da bacia não abrir o derrame vai ocorrer na bacia da ITVE. Se o sistema de poços não abrir pode ocorrer uma acumulação excessiva no interior das células o que pode por em causa a estabilidade das telas de fundo. Inspeções visuais;</p>
<p>EE_8 (Fuga/derrame gasóleo)</p>	<p>Existência de bacia de retenção. Sistema de combate a incêndios. As águas residuais de lavagem do pavimento são encaminhadas para o tanque existente junto da oficina, associado ao qual existe um separador de hidrocarbonetos. Absorção das pequenas fugas de gasóleo com areia, que posteriormente é colocada no contentor de resíduos perigosos. Encaminhados para empresa externa licenciada. Assim como está implementado a formação contínua de pessoal; Sistemas de alerta e detecção fugas; plano de segurança; contenção limpeza/retirada combustível e inspeções visuais;</p>
<p>FE_9 (Emissão biogás)</p>	<p>No caso de falha do sistema de remoção de siloxanos, a disponibilidade dos motogeradores pode ser reduzida, com conseqüente redução na produção de energia. Durante a combustão os siloxanos são convertidos em depósitos de dióxido de silício que formam camadas de depósitos de componentes nos motores que, para além de danificar estas componentes, dificultam a condução de calor do processo e a lubrificação. Inspeções visuais, detector portátil;</p>

FE_10 (Emissão biogás)	Em caso de falha (por avaria ou manutenção) de um ou dos dois grupos de motogeradores, é garantida a alimentação remanescente do biogás ao queimador de emergência. Inspeções visuais;
GE_11 (Incêndio)	Área impermeabilizada, assim como existe uma rede de águas residuais do armazém que se encontra ligada à ETAL; Sistema de combate a incêndios; plano de Emergência Interno (PEI); Formação/treino pessoal para lidar com situações de emergência. Realização de exercícios simulação e de simulacros;

Fonte: Documentação interna/ ASMC (Identificação/Aspectos e Avaliação de Impactes Ambientais).

A fase seguinte vai desenvolver e considerar todos os eventos que pela sua natureza e probabilidade de ocorrência, poderão ou não traduzir-se em cenários com danos ambientais potencialmente significativos ou relevantes, de acordo com o estabelecido no DL RA (danos ou ameaça iminente de danos ambientais considerados como alterações adversas mensuráveis de um recurso natural ou a deterioração do serviço de um recurso que provoquem efeitos significativos nos descritores naturais protegidos (alíneas, d) e e) nº 1 do artigo 11º (nos termos dos critérios qualitativos constantes no anexo IV) do DL RA, (conforme descrito na subsecção 2.2.2.2 do capítulo II).

Neste contexto, a fase seguinte deveria desenvolver todos os cenários de acidentes, com incidência nos eventos iniciadores identificados. Contudo, no presente trabalho procedeu-se a uma selecção dos eventos iniciadores a desenvolver, os quais, conforme referido acima, poderão ou não traduzir-se em cenários com danos ambientais potencialmente significativos ou relevantes, de acordo com o estabelecido no DL RA.

Esta selecção justifica-se por apresentarem maior probabilidade de ocorrência, quantidade de substâncias envolvidas e por se percepcionar genericamente a ocorrerem afectarem uma maior extensão dos recursos naturais protegidos, nomeadamente o solo, pois não se antecipa como sendo expectável afectarem espécies e habitats naturais e águas subterrâneas ou superficiais, conforme análise extraída da secção 5.2 do presente capítulo. Seguidamente apresenta-se os eventos iniciadores identificados, seleccionados e desenvolvidos: (ver tabela 5.11).

- AE_1 (fuga lixiviados);
- AE_2 (saída/fuga lixiviados);
- AE_3 (migração/fuga biogás/ incêndio/explosão) e;
- EE_8 (fuga/derrame gasóleo).

5.3.2 Desenvolvimento de cenários de acidente

No presente trabalho adoptou-se por uma metodologia de análise da árvore de eventos para atribuir probabilidades/frequências de ocorrência aos factores condicionantes das respectivas árvores de cenários de acidentes. Podendo no entanto ser ajustados à posteriori pelo operador, caso se verifique alguma discrepância.

Os cenários de acidente foram desenvolvidos recorrendo à técnica das árvores de eventos, tal como referido esta técnica parte de um evento iniciador que associado a uma área/zona, sistema/equipamento e assumindo-se que o mesmo decorre de uma determinada causa (erro humano, falha equipamentos, materiais) que origina a libertação das substâncias poluidoras. A probabilidade a atribuir a cada cenário resulta do produto de cada evento iniciador e respectivos factores condicionantes.

Seguidamente apresenta-se o desenvolvimento das árvores de eventos relativas aos eventos iniciadores atrás referidos, nomeadamente, os eventos AE_1, AE_2, AE_3 e EE8.

A nomenclatura utilizada nas árvores de eventos, a título de exemplo, segue a seguinte ordem nas respectivas ramificações.

A – Evento iniciador

B – Factor condicionante, (evento intermédio) (Sim)

C – Factor condicionante, (evento intermédio) (Sim)

D – Factor condicionante, (evento intermédio) (Sim)

E – Factor condicionante, (evento intermédio) (Sim)

B' – Factor condicionante, (evento intermédio B) (Não)

C' – Factor condicionante, (evento intermédio C) (Não)

D' – Factor condicionante, (evento intermédio D) (Não)

E' – Factor condicionante, (evento intermédio E) (Não)

P – Probabilidade

P (A) - Probabilidade do evento iniciador A p/ano de operação

P (B) - Probabilidade factor condicional do evento B

P (C) - Probabilidade factor condicional do evento C

P (D) - Probabilidade factor condicional do evento D

P (E) - Probabilidade factor condicional do evento E

Assumindo a independência entre o evento iniciador, a probabilidade de ocorrência das diferentes consequências pode ser quantificada/calculada, atendendo que as probabilidades associadas a cada factor devem somar 1.0, tanto para os resultados binários ou múltiplos de um nó (Schuller *et al.*, 1997).

Assim como se tomou em consideração:

- ✓ Acções prévias e medidas implementadas de segurança, protecção/prevenção e contenção;
- ✓ Formação e treino do pessoal;
- ✓ Idade/envelhecimento dos equipamentos/sistemas de contenção;
- ✓ Manutenção dos equipamentos/sistemas de (captação, drenagem e tratamento de lixiviante e captação, drenagem, queima, tratamento e valorização biogás e redes de (drenagem águas residuais e pluviais, eléctrica/iluminação, grupo gerador emergência e depósito combustível);
- ✓ Requisitos técnicos e legislativos em vigor.

De forma a minimizar e se possível eliminar o risco existente ou probabilidade de ocorrência de uma situação de acidente e respectiva resposta dos sistemas de segurança do aterro sanitário referente aos eventos iniciadores identificados e seleccionados.

O que traduz que o aterro sanitário incorpora critérios e requisitos de segurança que visam garantir o confinamento das substâncias (ver tabela 5.7 da secção 5.3) existentes no interior das instalações, de tal forma que, mesmo em caso de ocorrência de acidente, as consequências para o meio ambiente (recursos naturais protegidos pelo DL RA) sejam mitigadas o mais possível. Diagnóstico que se pode confrontar e conforme referido, nomeadamente, nas tabelas 5.5 e 5.11 da secção 5.3.

Seguidamente apresenta-se as árvores de eventos (figuras 5.5 a 5.8) dos 4 eventos iniciadores identificados e seleccionados, nomeadamente (AE_1 – AE_2 – AE_3 – EE_8), e as respectivas probabilidades de ocorrência.

Árvore de Eventos – evento iniciador – AE_1

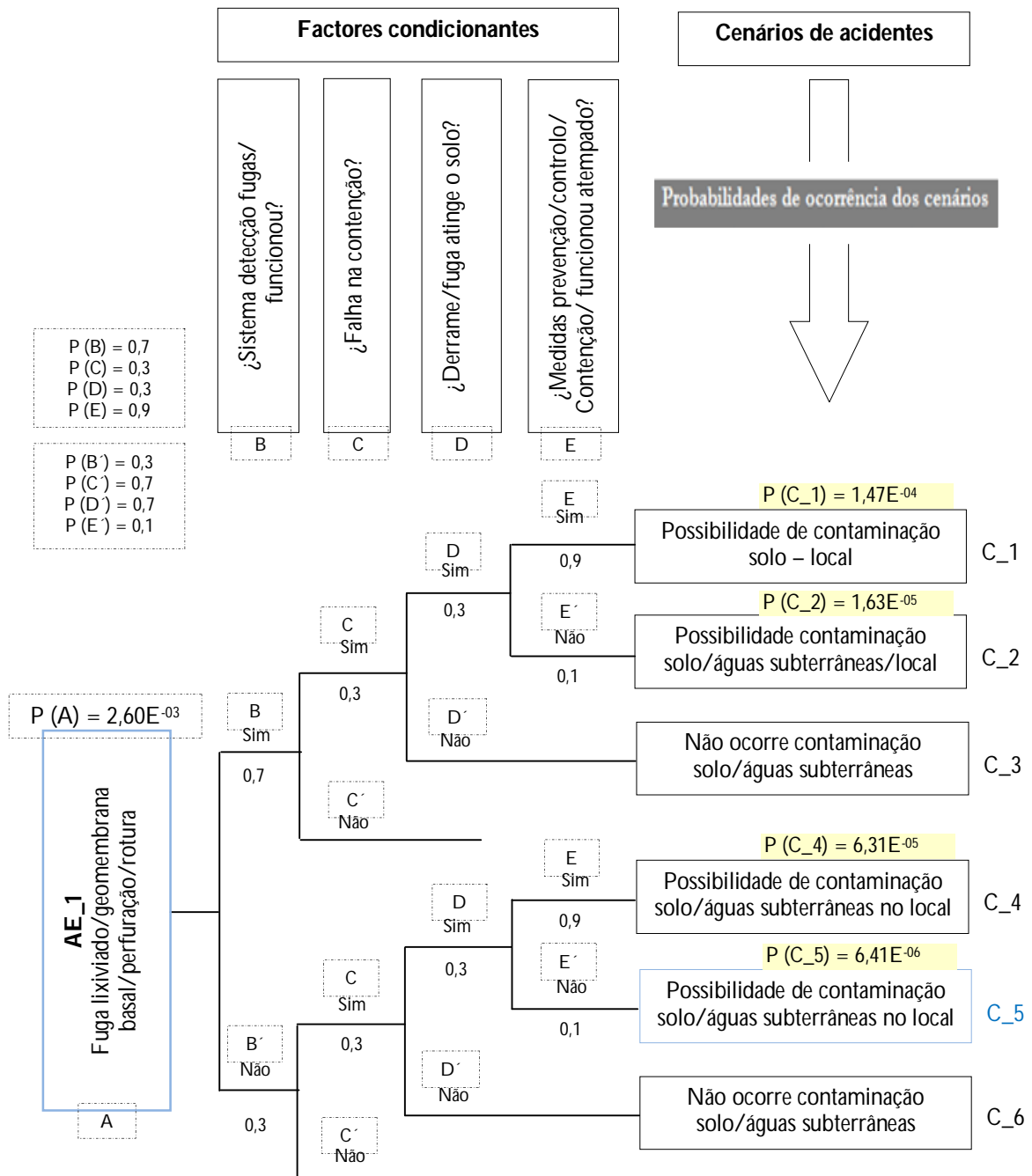


Figura 5.5. Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_1.

Árvore de Eventos – evento iniciador – AE_2

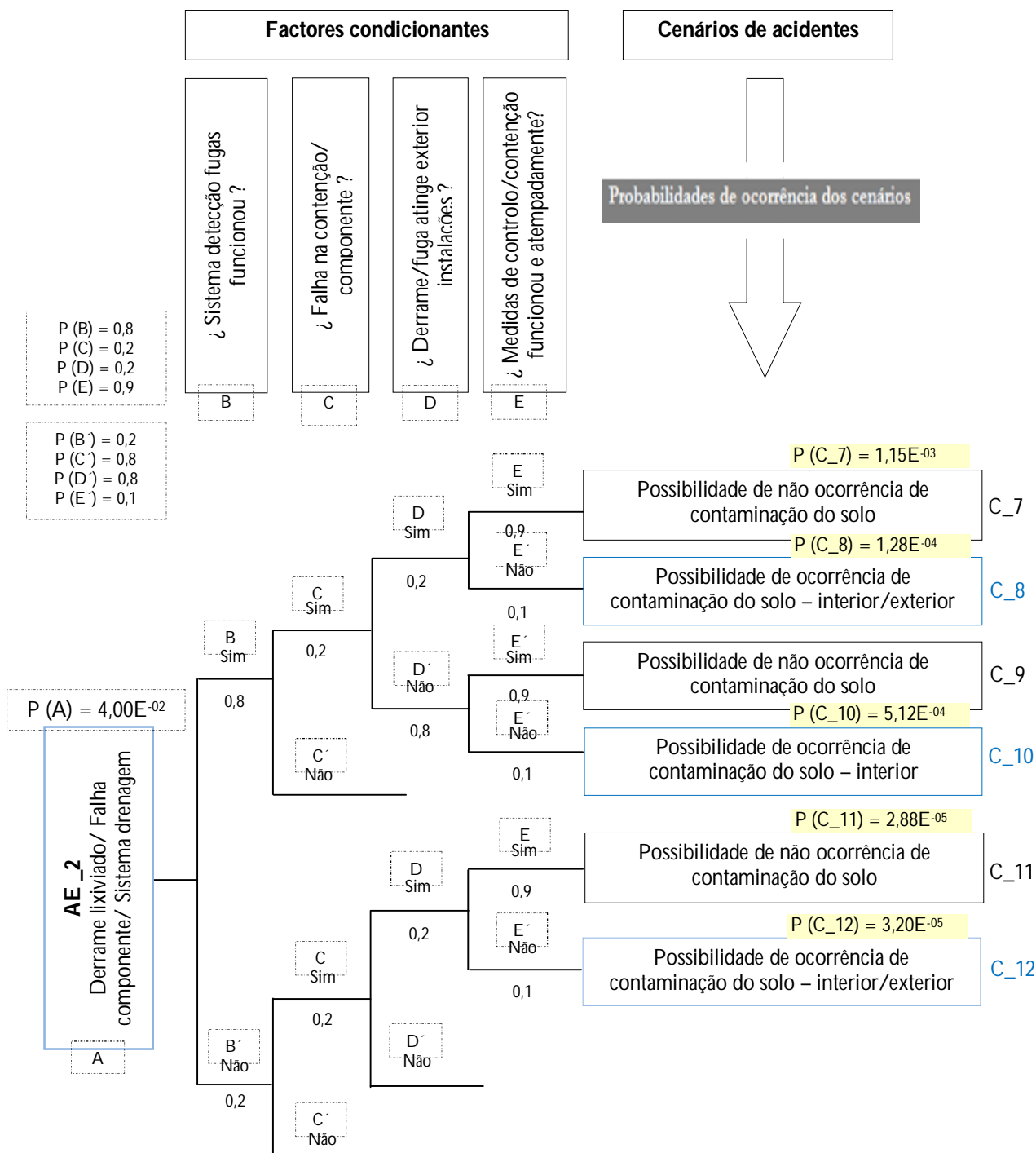


Figura 5.6. Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_2

Árvore de Eventos – evento iniciador – AE_3

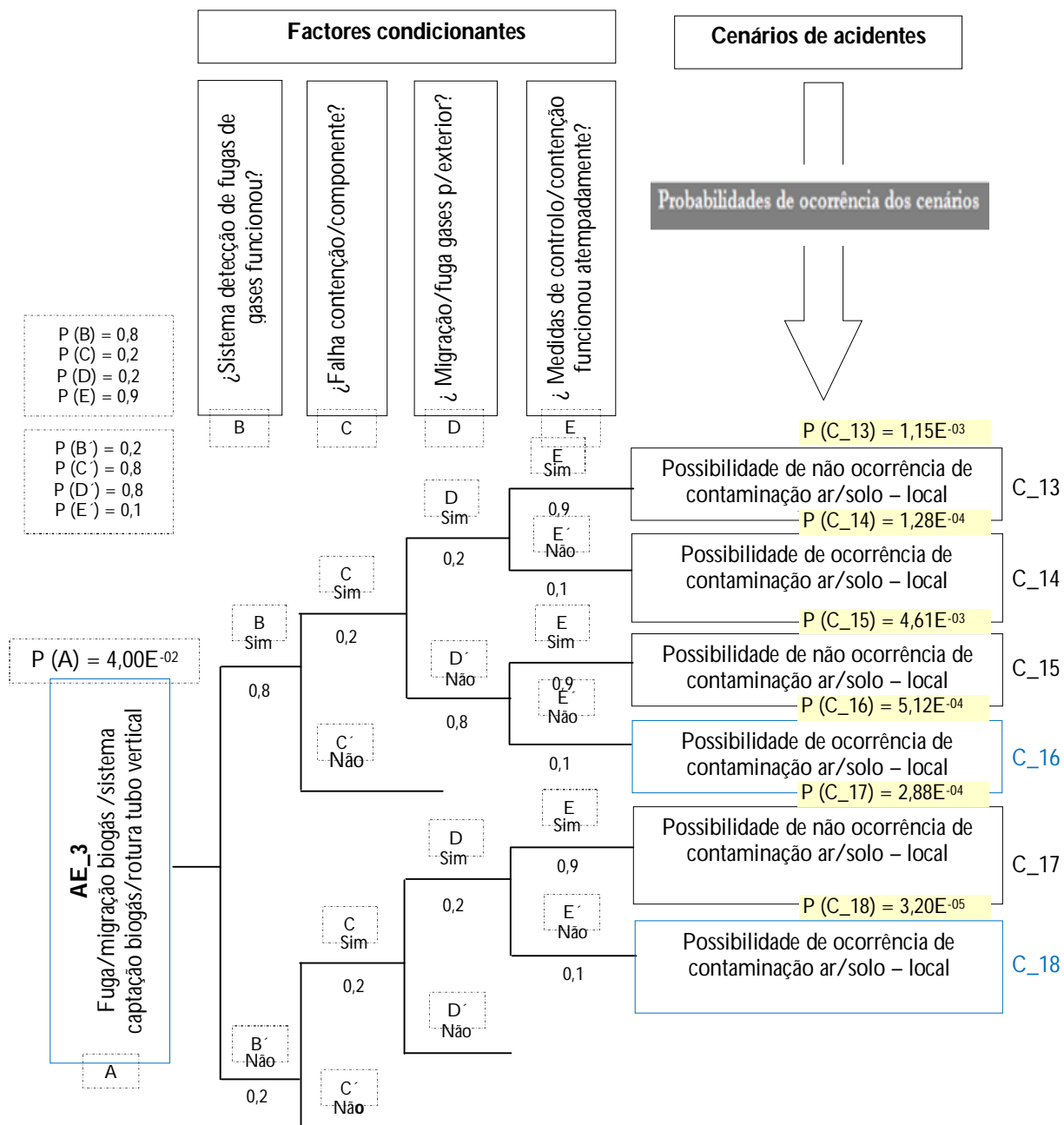


Figura 5.7. Árvore de eventos. Evento iniciador – AE_3

Árvore de Eventos – evento iniciador – EE_8

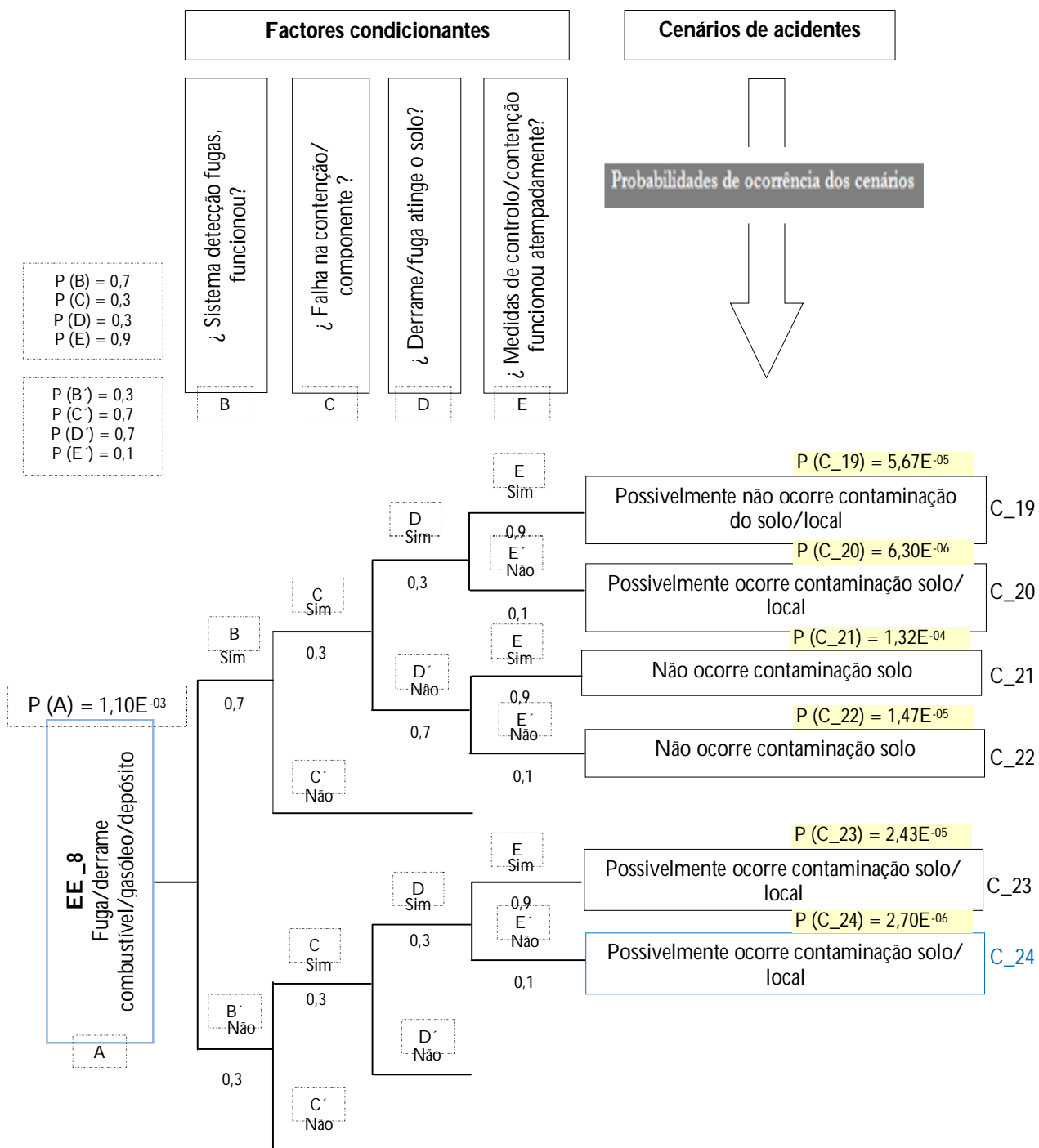


Figura 5.8. Árvore de eventos. Evento iniciador – EE_8

Seguidamente apresenta-se os cenários de acidente identificados e seleccionados, seguindo os critérios adoptados em relação aos eventos iniciadores, ou seja, por apresentarem maior probabilidade de ocorrência, quantidade de substâncias envolvidas e por se percepcionar genericamente a ocorrerem afectarem uma maior extensão dos recursos naturais protegidos, conforme o apresentado na tabela 5.12.

Tabela 5.12. Cenários de acidentes seleccionados

Cenários de acidentes seleccionados						
C_5	C_8	C_10	C_12	C_16	C_18	C_24
6,41E-06	1,28E-04	5,12E-04	3,20E-05	5,12E-04	3,20E-05	2,70E-06

5.3.3 Atribuição da magnitude das consequências

Nesta fase é atribuído um nível de magnitude às consequências de cada cenário de acidente identificado na fase anterior. O nível de magnitude das consequências para avaliar a gravidade sobre o meio natural é determinado através do algoritmo da Norma UNE 150008 (equação 4, secção 4.1.3 do capítulo 4).

$\text{Quantidade} + 2 * \text{perigosidade} + \text{extensão} + \text{qualidade do meio} = \text{gravidade sobre o meio natural}$	(Equação 5)
--	-------------

- **Critério quantidade**

Cenário C_5, expeditamente a quantidade²⁸ constante envolvida de lixiviado a considerar de 0,051 m³, tendo em conta a altura da lâmina líquida de lixiviado sobre a geomembrana basal, por área de quadrícula de 10 m *10 m (100 m²). A quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente considerado é avaliada de muito pouca quantidade – valor 1, (tabela 5.13).

Cenários, C_8, C_10 e C_12, expeditamente a quantidade envolvida de lixiviado estimado do derrame/fuga, a considerar o volume/nível de lixiviado contido em cada poço

²⁸ O aterro RSU (2 células/3 alvéolos) ocupa uma área de 13,58 ha = 135,800 m² e tendo em conta o volume de resíduos depositados, traduz uma produção prevista diária de 70 m³ de lixiviado (Memória descritiva: RA, 2011/ASMC). Expeditamente aplicando o método/técnica de quadrícula de 10 m *10 m (áreas de 100 m²) de aplicação de sensores de detecção fugas de lixiviado. Cada área estaria em contacto constante com uma quantidade de lixiviado estimada aproximadamente em 0,051 m³ sobre a geomembrana basal. Pivato, (2004:140-150) refere que o transporte na zona saturada considera processos de advecção, dispersão, difusão, adsorção e degradação. A forma geral da pluma de lixiviado é orientada pela linha de fluxo do aquífero, na maioria dos casos, as plumas são relativamente curtas: algumas centenas de metros de largura e menos de mil metros de comprimento. Em alguns casos, as plumas podem atingir mais de 1000 metros (Christensen *et al.*, 2001 *in* Pivato, 2004). A concentração das substâncias, pode ser medida na parte inferior do revestimento, a qual representa apenas uma pequena percentagem do volume total.

(sistema de contenção) concretamente 18 m³ e 35 m³ de lixiviado, interligados por colectores (RA, 2011/ASMC); o tempo desde o início do evento até à sua detecção e contenção; o volume de lixiviado contido na caixa de visita e colectores. A quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente considerado é avaliada de pouca quantidade – valor 2, (tabela 5.13).

Cenários C_16 e C_18, a quantidade emitida de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, a considerar o caudal médio de 248 m³/h, ao sistema instalado de análise à composição do biogás, das pressões e temperaturas com uma monitorização, periodicidade de 10 em 10 minutos, expeditamente a quantidade envolvida a expressar aproximadamente entre 4,13 m³ a 41,3 m³ de biogás, (emissão de 1 a 10 minutos). A quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente considerado é avaliada de muito pouca quantidade - valor 1, (tabela 5.13).

Cenário C_24, a quantidade envolvida de combustível a considerar é estimada através da capacidade máxima do depósito de combustível, a considerar 30 m³ de gasóleo. A quantidade de substâncias emitidas sobre o meio ambiente considerado é avaliada de pouca quantidade - valor 2, (tabela 5.13).

Tabela 5.13. Quantidade de substâncias emitidas sobre o ambiente (Tm)

Quantidade de substâncias emitidas sobre o ambiente (Tm)			
Cenários	Avaliação	Valor	Parâmetros
	Muito alto	4	>500
	Alto	3	Entre 50 e 500
C_8, C_10, C_12 e C_24	Pouco	2	Entre 5 e 49
C_5, C_16 e C_18	Muito pouco	1	< 5

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- **Critério perigosidade**

A nocividade ou perigosidade do lixiviado a considerar em função (do seu carácter tóxico, corrosivo, explosivo, reactivo, radioactivo,...) das suas características, ou seja, a tipologia dos resíduos, composição e respectiva toxicidade, corrosividade (pH inferior ou igual a 2 ou superior ou igual a 12,5) e concentração máxima de contaminantes (EPA, 2009).

Relativamente aos cenários, C_5, C_8, C_10 e C_12 – da análise comparativa da qualidade dos lixiviados produzidos na fonte/ASMC, e conforme apresentado em anexos C e D (quadros 6, 7 e 8), qualidade dos lixiviados produzidos, concentração máxima de contaminantes, características de toxicidade verifica-se que estão abaixo dos níveis toxicológicos e pH, assim como não contém concentrações elevadas de cargas orgânicas poluentes, CQO e CBO₅) conforme normativos em vigor (licença ambiental, análises laboratoriais e Relatório Ambiental, 2011/ASMC, assim como a concentração de contaminantes inferiores em relação às normas genéricas de Ontário. Sendo atribuído a este critério uma avaliação de “Não perigoso”, valor 1, danos leves e reversíveis (tabela 5.14).

Relativamente aos cenários C_16 e C_18 e como disposto na caracterização e composição do biogás, embora os seus níveis de concentração e caudal mássico se encontrem controlados e abaixo dos limites de emissão definidos por lei, assim como a sua detecção e controlo através de barreiras de segurança seja extremamente eficaz, a sua composição e perigosidade intrínseca traduz a este critério uma avaliação de “perigoso”, valor 3, explosiva, inflamável, corrosiva (tabela 5.14).

Relativamente ao cenário C_24 – e como disposto na caracterização e composição das substâncias dos combustíveis (gasóleo) é considerado perigoso para o ambiente, nocivo e tóxico para os organismos aquáticos, podendo mesmo causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático. Embora o seu ponto de inflamação seja relativamente alto (> 56°C mín) não é classificado como inflamável pelo que não é expectável que, perante uma fonte de ignição, sem a presença de outros factores, possa gerar fenómenos de incêndio/explosão.

Para este cenário o critério traduz numa avaliação de “pouco perigoso”, valor 2, combustível (tabela 5.14).

Tabela 5.14. Perigosidade inerente das substâncias

Perigosidade inerente das substâncias			
Cenários	Avaliação	Valor	Parâmetros
	Muito perigoso	4	Muito inflamável, muito tóxica, causa efeitos irreversíveis imediatos
C_16 e C_18	Perigoso	3	Explosiva, inflamável, corrosiva
C_24	Pouco perigoso	2	Combustível
C_5, C_8, C_10 e C_12	Não perigoso	1	Danos leves e reversíveis

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- **Critério extensão**

A extensão a considerar, traduz-se na área afectada pelas substâncias atrás mencionadas, resultante da falha nos respectivos sistemas de contenção e da análise qualitativa das áreas de maior sensibilidade ambiental, (secção 5.2 do presente capítulo) e conforme apresentado na figura 5.3, traduz a morfologia/relevo do terreno e respectivas direcções/trajectos das escorrências/derramamentos, velocidade e sentido do vento, pluviosidade e características do solo.

Expeditamente percepcionou-se as áreas que poderão ser afectadas nos próprios locais, genericamente dentro de um raio de acção entre os 250 m a 500 m como a área de influência (previsão da área afectada; referência na literatura).

Ao cenário C_5 percepciona-se uma extensão não mensuravel, devido à quantidade de substâncias envolvidas e ao sistema de dupla protecção basal. Sendo atribuído a este cenário accidental e referente a este critério, o qual traduz numa avaliação de “Pontual” valor 1, área afectada (tabela 5.15).

Aos cenários C_8, C_10 e C_12, percepciona-se uma extensão afectada, tendo em consideração a quantidade de substâncias envolvidas, tempo de intervenção na contenção e pelo descrito no ponto (viii) da secção 5.2 do presente capítulo, em relação ao descritor natural solo, assim como a duração temporal de cada cenário, respectiva infiltração²⁹ de substâncias no solo e provável pluviosidade em simultâneo. Este critério traduz numa avaliação “Pouco extenso” valor 2, no próprio local (tabela 5.15).

Aos cenários C_16 e C_18, percepciona-se uma extensão afectada, tendo em consideração a quantidade de substâncias envolvidas, tempo de intervenção na contenção. Este critério traduz numa avaliação, de “Pontual” valor 1, área afectada (tabela 5.15).

²⁹ “O conceito de capacidade de infiltração é aplicado ao estudo da infiltração para diferenciar o potencial que o solo tem de absorver água pela sua superfície, em termos de lâmina por tempo, da taxa real de infiltração que acontece quando há disponibilidade de água para penetrar no solo. Uma curva de taxas reais de infiltração no tempo somente coincide com a curva das capacidades de infiltração de um solo, quando o aporte superficial de água (proveniente de precipitações e mesmo de escoamentos superficiais de outras áreas) tem intensidade superior ou igual à capacidade de infiltração”. Universidade Federal da Bahia – Departamento de Engenharia Ambiental Capítulo 6 – Infiltração. Disponível em <http://pessoal.utfpr.edu.br/mannich/arquivos/Cap6UFBA.pdf>
Embora seja necessário calibrar ou ajustar taxa real de infiltração (dados de campo/infiltrómetro) pelo modelo empirico de Horton para o solo afectado, expedidamente pode-se considerar para o tipo de solo caracterizado uma infiltração no solo, nomeadamente ao nível dos horizontes A e B (média de 0,5 m/aproximadamente 8 horas).

Ao cenário C_24, percepção-se uma extensão afectada, tendo em consideração a quantidade de substâncias envolvidas, tempo de intervenção na contenção. Este critério traduz numa avaliação, de “Pontual” valor 1, área afectada (tabela 5.15).

Tabela 5.15. Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado.

Área de influência do impacte em relação ao meio ambiente considerado			
Cenários	Avaliação	Valor	Parâmetros
	Muito extenso	4	Raio superior a 1 Km
	Extenso	3	Raio inferior a 1 Km
C_8, C_10 e C_12	Pouco extenso	2	No próprio local
C_5, C_16, C_18 e C_24	Pontual	1	Área afectada

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

- **Critério qualidade do meio**

A qualidade do meio, a considerar por ordem decrescente, resultante da afectação dos espaços/recursos naturais protegidos onde se encontram inseridos, ou seja, áreas abrangidas pelo sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC) (APA; ISO, 2011). Da análise qualitativa das áreas de maior sensibilidade ambiental (ver secção 5.2 do presente capítulo) os solos em estudo não se encontram classificados na RAN (Visa, 2010).

Em termos de espécies e habitats naturais protegidos não se encontra abrangida por nenhuma área classificada em qualquer das redes de conservação de natureza, nacional ou europeia.

Embora, provavelmente os cenários de acidentes nem atingem as águas superficiais e ou subterrâneas, a salientar que este recurso do ponto de vista hidrogeológico, a área de influência não se insere em nenhum sistema aquífero, regime hidrológico na rede hidrográfica. Praticamente torrencial e pouco significativa, (ausência de caudal) só existindo escoamento após ter acontecido uma chuvada significativa.

Para maior suporte e assessoria na análise qualitativa e em relação aos receptores vulneráveis, a utilização da metodologia apresentada pela Dirección General de Protección Civil y Emergencias de Espanha (DGPCE, 2004), nomeadamente:

- Qualidade do Habitat, a eleição de um critério binário “Sim/Não”, conforme se apresenta na tabela 5.16, os critérios utilizados para o factor condicionante espaços naturais protegidos (DGPCE, 2004).

Tabela 5.16. Espaços naturais protegidos

Espaços naturais protegidos		
Existem espaços naturais protegidos na área de influência do cenário accidental	Sim	Não

Fonte: Adaptada da (DGPCE, 2004).

- Protecção de espécies, adaptando os valores da tabela 5.19 da norma em relação à vulnerabilidade/qualidade do habitat, nos casos em que a área de influência de um cenário accidental, coincida com a área de distribuição de uma espécie animal ou vegetal, conforme se apresenta na tabela 5.17.

Tabela 5.17. Critérios utilizados para as categorias de protecção de espécies

Categoria de protecção	Valor
Em perigo de extinção	5
Sensíveis à alteração do seu habitat	4
Vulneráveis	3
De interesse especial	2
Sem categoria de protecção	1

Fonte: Adaptada da (DGPCE, 2004).

Neste contexto, na área de influência/estudo não se verifica quaisquer serviços significativos prestados por este recurso, nomeadamente em relação a (zonas usadas para captação de água para consumo humano, (protecção de espécies aquáticas de interesse económico); águas de recreio (incluindo águas balneares); zonas designadas para a protecção de habitats/fauna/fora selvagens e conservação das aves selvagens.

Prevendo-se uma duração e reversibilidade/temporalidade do dano de curta duração de dias/semanas.

A Reversibilidade/temporalidade (critérios³⁰) pretende considerar o critério temporal na recuperação de uma zona afectada por um acidente grave, conforme se apresenta na tabela 5.18 adaptada da (DGPCE, 2004).

³⁰ Valores usados no índice ambiental estabelecidos por AEA Technology no seu estudo "Environmental Sampling after a Chemical Accident", Department of the Environment, Transport and the Regions, 1999" (Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004).

Tabela 5.18. Critérios utilizados para reversibilidade do dano/recuperação

Tempo de recuperação	Anos	Valores
Possível dano permanente	50	5
De 5 a 20 anos	20	4
De 1 a 5 anos	5	3
De semanas a 1 ano	1	2
Dias	0,1	1

Fonte: adaptada da (DGPCE, 2004).

Sendo atribuído aos cenários acidentais, C_5, C_8, C_10, C_12, C_16, C_18 e C_24, referente a este critério uma avaliação de “Baixo”, valor” 1, conforme se apresenta na tabela 5.19.

Tabela 5.19. Área afectada em função do meio e reversibilidade (temporalidade)

Área afectada em função do meio e reversibilidade (temporalidade)			
Cenários	Avaliação	Valor	Parâmetros
	Muito elevado	4	Espaço protegido
	Elevado	3	Grau menor que o anterior
	Médio	2	Grau menor que o anterior
C_5; C_8; C_10; C_12; C_16; C_18 e C_24,	Baixo	1	Grau menor que o anterior

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008; Garcia, 2008).

Seguidamente a tabela 5.20 apresenta a avaliação dos critérios, valores extraídos das respectivas tabelas acima analisadas (tabelas 5.13 a 5.19) e referente aos danos/consequências dos cenários de acidentes.

Tabela 5.20. Avaliação dano/consequências - Cenários acidentais

Critérios de Avaliação dano/consequências - Cenários acidentais				
Cenários	Quantidade	Extensão	Perigosidade	Qualidade do meio
C_5	1	1	1	1
C_8	2	2	1	1
C_10	2	2	1	1
C_12	2	2	1	1
C_16	1	1	3	1
C_18	1	1	3	1
C_24	1	1	2	1

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008).

A tabela 5.21 apresenta a avaliação da gravidade, consequências dos cenários de acidentes.

Tabela 5.21. Avaliação gravidade/consequências - Cenários acidentes

Cenários	Quantidade	+ 2 * Perigosidade	+ Extensão	+ Qualidade do meio	= Gravidade do meio natural
C_5	1	+ (2 * 1)	1	1	5
C_8	2	+ (2 * 1)	2	1	7
C_10	2	+ (2 * 1)	2	1	7
C_12	2	+ (2 * 1)	2	1	7
C_16	1	+ (2 * 3)	1	1	9
C_18	1	+ (2 * 3)	1	1	9
C_24	1	+ (2 * 2)	1	1	7

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008).

Assim temos uma avaliação da gravidade das consequências sobre o meio natural de valor 5 referente ao cenário de acidentes C_5 que corresponde a uma avaliação de não relevante com um valor atribuído de gravidade de valor 1 (tabela 5.22).

Aos cenários C_8, C_10, C_12 e C_24, uma avaliação da gravidade das consequências sobre o meio natural de valor 7, que corresponde a uma avaliação de não relevante com um valor atribuído de gravidade de valor 1 (tabela 5.22).

Aos cenários C_16 e C_18 uma avaliação gravidade das consequências sobre o meio natural de valor 9, que corresponde a uma avaliação de Leve com um valor atribuído de gravidade 2 (tabela 5.22).

Tabela 5.22. Avaliação da Gravidade das consequências

Avaliação da Gravidade das consequências			
Cenários	Avaliação	Valor	Valor atribuído
	Crítico	Entre 20 – 18	Gravidade 5
	Grave	Entre 17 – 15	Gravidade 4
	Moderado	Entre 14 – 11	Gravidade 3
C_16 e C_18	Leve	Entre 10 – 8	Gravidade 2
C_5, C_8, C_10, C_12 e C_24	Não relevante	Entre 7 – 5	Gravidade 1

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 150008:2008).

5.3.4 Atribuição do nível de probabilidade de ocorrência

Nesta fase a atribuição da probabilidade de ocorrência de cada cenário de acidente extraída através da árvore de eventos é apresentada na tabela 5.24.

Para o efeito aplicou-se os critérios da tabela 5.23, metodologia comparativa da análise quantitativa para o factor probabilidade da Dirección General de Protección Civil y Emergencias³¹ (DGPCE), e sua correspondência qualitativa.

Tabela 5.23. Critérios³² para o factor probabilidade

Probabilidade (Análise de Risco)	Pontuação
$\kappa \geq 1,00 * 10^{-2}$	5
$1,00 * 10^{-4} \leq \kappa < 1,00 * 10^{-2}$	4
$1,00 * 10^{-6} \leq \kappa < 1,00 * 10^{-4}$	3
$1,00 * 10^{-8} \leq \kappa < 1,00 * 10^{-6}$	2
$\kappa < 1,00 * 10^{-8}$	1

Fonte: (DGPCE, 2004)

Tabela 5.24. Escala de probabilidade/frequência de ocorrência

Critérios Recolhidos na Norma			Probabilidade atribuída						
			Cenários de acidentes (C)						
Probabilidade/Frequência		Valor	C_5	C_8	C_10	C_12	C_16	C_18	C_24
<1 Vez/mês	Muito Provável	5							
1 Vez/mês – 1 Vez/ano	Altamente Provável	4							
1 Vez/ano – 1 Vez/10 anos	Provável	3		x	x	x	x	x	
1 Vez/10 anos – 1 Vez/50 anos	Possível	2	x						x
>1 Vez/50 anos	Improvável	1							

Legenda: Cenário (C); 5 - Mais de uma vez por mês; 4 - Entre uma vez por mês e uma vez por ano; 3 - Entre uma vez por ano e uma vez cada 10 anos; 2 - Entre uma vez cada 10 anos e uma vez cada 50 anos; 1 - Uma vez por cada 50 anos.

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 15008:2008).

³¹ Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Protección Civil de España. Ministerio del Interior. España. Disponível em www.proteccioncivil.org, y Asociación Iberoamericana de Protección Civil y Defensa civil;

³² Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports. COMAH Competent Authority, 1999.

5.3.5 Estimativa do risco

Nesta fase estima-se o risco referente a cada cenário através da seguinte equação:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} * \text{Gravidade das Consequências} \quad (\text{Equação 5})$$

Tabela 5.25. Matriz de avaliação de risco

		Gravidade				
		1	2	3	4	5
Probabilidade	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Diagrama de ligação: C_5, C_24, C_8, C_10, C_12 (probabilidade) e C_16, C_18 (gravidade) apontam para as células correspondentes na matriz.

Fonte: Adaptada de (Garcia, 2008).

Tabela 5.26. Avaliação da tolerabilidade do risco/escala qualitativa

Avaliação da Tolerabilidade do Risco		
Avaliação	Valores	Parâmetros
Muito alto	5	21 a 25
Alto	4	16 a 20
Médio	3	11 a 15
Moderado	2	6 a 10
Baixo	1	1 a 5

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 15008:2008).

Tabela 5.27. Nível de risco associado aos cenários de acidente

Cenário	Nível de Probabilidade	Gravidade/meio natural		
		Nível de gravidade	Risco	Nível de Risco
C_5	2	1	2	1 - Baixo
C_8	3	1	3	1 - Baixo
C_10	3	1	3	1 - Baixo
C_12	3	1	3	1 - Baixo
C_16	3	2	6	2 - Moderado
C_18	3	2	6	2 - Moderado
C_24	2	1	2	1 - Baixo

Fonte: Adaptada da (Norma UNE 15008:2008).

Em síntese e conforme representado nas tabelas acima (5.25 a 5.27), relativamente aos cenários C_5, C_8, C_10, C_12 e C_24 expressam um nível de risco baixo.

Relativamente aos cenários C_16 e C_18 expressam um nível de um risco moderado (a salientar que este nível de risco deve-se à perigosidade intrínseca das substâncias envolvidas).

Seguidamente descreve-se na tabela 5.28 uma análise qualitativa, resumo dos cenários de acidentes seleccionados, por se prever nesta fase os que apresentam um maior nível de magnitude nas consequências ou maior intensidade de impacte ambiental.

Tabela 5.28. Análise qualitativa, resumo dos cenários de acidentes seleccionados.

Cenários de acidentes	
Cenários	Descrição
C_5 Probabilidade 6,41E⁻⁰⁶	Possível ocorrência de contaminação/afecção nos descritores naturais: solo e águas subterrâneas no interior/local das instalações. Eventual ocorrência é identificada através da recolha de dados de monitorização das águas subterrâneas (rede de piezómetros. A quantidade de lixiviado percebida expeditamente na quadrícula ³³ (hectare) eventualmente onde se localiza a perfuração/defeito, estima-se em 0,051 m ³ . Dano não mensurável devido ao sistema duplo de contenção instalado na base e quantidade envolvida (RA, 2011).
C_8 Probabilidade 1,28E⁻⁰⁴	Possível ocorrência de contaminação/afecção nos descritores ambientais: solo no interior/exterior das instalações. Prevê-se uma intervenção na contenção mais rápida em relação ao cenário C_12, tendo em conta que o sistema de detecção funcionou. Contudo, o sistema de controlo e contenção não funcionou atempadamente, a consequente libertação/emissão de substâncias /lixiviado. Dano mensurável. Comparativamente ao cenário C_12, expeditamente a quantidade emitida de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, prevendo-se uma libertação/emissão pontual e contínua, média de aproximadamente 37 m ³ num período de tempo médio de 6 horas, onde se percebe a expeditamente uma área de provável afecção para este evento de 3.600 m ² .

³³ Em complemento à nota 28; - Com base em estudos realizados por Giroud *et al* (1989) a equação $[Q = 0,21 \pm 0,1 h 0,9 k 0,74$ (para bom contacto) equação (1)] pode ser utilizada para avaliar a taxa de vazamento através de um defeito na geomembrana de um revestimento compósito: Onde: Q – é a taxa de fugas (m³/s); - a – é a área do defeito da geomembrana (m²); - h – é a pressão hidráulica na parte superior do forro (M); - k – é a condutividade hidráulica do solo compactado (m/s). A equação anterior é válida se a altura hidráulica acima da geomembrana é menor do que a espessura do componente de revestimento do solo composto (ou seja, h < D) e, se a condutividade hidráulica, k, da componente do solo do revestimento compósito é menos de 10⁻⁶ m/s. Normalmente as geomembranas instaladas com segurança rigorosa e qualidade de construção têm uma frequência de um a dois defeitos por 4000 m² com um diâmetro de 2 mm (Giroud e Bonaparte, 1989). As taxas de passagem para diferentes cargas hidráulicas e diferente condutividade hidráulica foram avaliadas usando a equação (1) a qual refere bom contacto. Estas foram calculadas para áreas de 0.1cm² (10 mn²) e 1cm² (100 mn²) com dois defeitos por 4000 m² e expressos em litros / hectare / dia. (EPA, 2000: 123-131). A área genericamente estimada cerca de 0,051 m³ (50 l/hectare (quadrícula) /dia, a fuga prevista aproxima-se dos valores 0,79 l/hectare/dia, tendo em conta os parâmetros das células em estudo e conforme exposto na literatura, informação em EPA, (2000). *Landfill Manuals - Landfill Site Design*. Published by the Environmental Protection Agency, Ireland. The Agency personnel involved in the preparation of this manual were Mr. Peter Carey (principal author), Mr. Gerry Carthy (editor), Dr. Brian Donlon, Mr. Donal Howley and Dr. Ted Nealon. 123-131 pp. ISBN 1 84095 026 9; (Tabela C.4 e ilustrada na Figura C.4).

<p style="text-align: center;">C_10 Probabilidade 5,12E⁻⁰⁴</p>	<p>Possível ocorrência de contaminação/afecção dos descritores ambientais: solo no interior das instalações. Prevê-se uma intervenção mais rápida em relação aos cenários C_8 e C_12, tendo em conta também neste cenário que o sistema de detecção funcionou e o sistema de controlo e contenção não funcionou atempadamente, a consequente libertação/emissão de substâncias /lixiviado. A intervenção impediu a libertação de substâncias /lixiviado para o exterior, confinando-se ao interior das instalações. Dano mensurável. Exeditamente a quantidade emitida de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, prevendo-se uma libertação/emissão pontual e contínua, média de aproximadamente 12,5 m³ num período de tempo médio de 2 horas, onde se percebe uma área de provável afecção para este evento de 1.800 m².</p>
<p style="text-align: center;">C_12 Probabilidade 3,2E⁻⁰⁵</p>	<p>Possível ocorrência de contaminação/afecção dos descritores ambientais; solo no interior/exterior das instalações. Libertação/emissão de substâncias /lixiviado. Dano mensurável. Exeditamente a quantidade emitida de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, prevendo-se uma libertação/emissão pontual e contínua, média de aproximadamente 50 m³ de lixiviado, prevendo-se uma infiltração no solo ao nível dos horizontes A e B, aproximadamente 0,5 m de profundidade num período de tempo médio de 8 horas, tendo em consideração uma provável pluviosidade neste tipo de eventos, aumento velocidade no escoamento/escorrências, contudo menor concentração de substâncias e uma extensão mais abrangente, tendo em conta a morfologia do relevo da provável área afectada, conforme descrito no ponto (viii) da secção 5.2 do presente capítulo, onde se percebe uma área de provável afecção para este evento de 7.200 m². Para a provável ocorrência deste evento e extensão de afecção é necessário que os sistemas implementados, nomeadamente de detecção, controlo e contenção não funcionem atempadamente.</p>
<p style="text-align: center;">C_16 Probabilidade 5,12E⁻⁰⁴</p>	<p>Possível ocorrência de contaminação dos descritores naturais: ar, solo no interior/local das instalações. Prevê-se uma intervenção mais rápida em relação ao cenário C_18. Libertação de substâncias /biogás. Dano mensurável. Exeditamente a quantidade emitida de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, prevendo-se a detecção e contenção dentro da periodicidade da monitorização (de 10 em 10 minutos), assim como tendo em conta a velocidade média do vento, direcção e respectiva cota/altura da fonte da ocorrência do evento, a duração temporária do evento de aproximadamente de 1 a 2 minutos prevê-se uma libertação/emissão de cerca de 4,13 m³ de biogás, prevendo-se uma afecção no descritor solo uma extensão de sensivelmente 50 m. Extensão a considerar onde se prevê maior concentração de substâncias referência na literatura (SEPA, 2004; FEMA, 2002; ME, 2004; Savory, Eric³⁴, (s/d); RA, 2011).</p>

³⁴ Cálculo de uma avaliação inicial simplificada antes de aplicar um modelo mais avançado, para identificar de modo rápido a ordem de grandeza das concentrações. Uma fórmula útil para estimar o pior caso das concentrações médias de uma fonte pontual, situação sob condições atmosféricas neutras.

$$C_{wc} = 10^9 \frac{Q}{H W_{wc} W_w}$$

H Hwc Wwc

Onde: - Q = intensidade da fonte ou a taxa de emissão de gases ou partículas [kg/s];

C_{wc} = concentração pior caso [mg/m³];

U = pior caso, velocidade do vento na altura z = 10 m, geralmente 1 m/s;

W_{wc} = pior caso, largura nuvem [m] (geralmente assumimos W = 0,1 x, onde x é a distância da fonte);

H_{wc} = pior caso, profundidade nuvem (geralmente assumimos H = 50 m no pior caso).

Fonte: Savory, Eric (s/d). Self-study notes -Gaussian Plumes. Department of Mechanical and Materials Engineering, University of Western Ontario. Informação em <http://www.engga.uwo.ca/people/esavory/Gaussian%20plumes.pdf>

<http://www.osti.gov/eprints/topicpages/documents/record/013/2093223.html>

<p>C_18 Probabilidade 3,20E⁻⁰⁵</p>	<p>Possível ocorrência de contaminação dos descritores naturais: ar, solo no interior/ local das instalações. Libertação de substâncias /biogás. Dano mensurável. Expeditamente a quantidade emitida³⁵ de substâncias a considerar desde o início do evento até à sua detecção e contenção, prevendo-se a detecção e contenção dentro da periodicidade da monitorização (de 10 em 10 minutos). Assim como tendo em conta a velocidade média do vento, direcção e respectiva cota/altura da fonte da ocorrência do evento, a duração temporária do evento de aproximadamente 3 minutos prevê-se uma libertação/emissão de cerca de 12,5 m³ de biogás, prevendo-se uma afectação no descritor solo uma extensão de sensivelmente 100 m. Extensão a considerar onde se prevê maior concentração de substâncias, referência na literatura (SEPA, 2004; FEMA, 2002; ME, 2004³⁶; RA, 2011).</p>
<p>C_24 Probabilidade 2,70E⁻⁰⁶</p>	<p>Possível ocorrência de contaminação do solo/ local/piso pavimentado/ contaminação das águas da lavagem da fuga/derrame do combustível. O local apresenta infra-estruturas de drenagem e dispõe de uma bacia de retenção com capacidade de contenção para metade da capacidade do depósito, ou seja 15 m³, deduzindo-se assim que a possível infiltração no solo seja considerada desprezível (ver tabela 5.10). Para este evento a considerar uma fuga/derrame superior a 15 m³ para se observar consequente dano/afecção ao recurso natural solo. Neste caso a considerar uma fuga/derrame de 16 m³, ou seja 1 m³ de gasóleo na afectação do solo. Genericamente para esta quantidade e tipo de combustível uma extensão afectada de aproximadamente de 50 m³, para o tipo de pavimento/solo em estudo, superfície impermeável, horizontal e derrame pontual (para um caudal/0,002m³; fuga de ±1 m³ em 10 mn). Exemplo, modelo matemático proposto para o cálculo da extensão de derrames pontuais/contínuo sobre superfícies impermeáveis e horizontais, descrito no “Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo MIRAT (CTPRDM³⁷, 2011).</p>

5.4 Avaliação dos danos ambientais

A tabela 5.29 apresenta o volume do recurso natural afectado, conforme descrito na tabela anterior e relativamente ao descritor natural solo.

³⁵ A considerar o caudal médio de 248 m³/h, ao sistema instalado de análise à composição do biogás, das pressões e temperaturas com uma monitorização, periodicidade, expeditamente a quantidade envolvida a expressar aproximadamente entre 4,13 m³ a 41,3 m³ de biogás, (emissão de 1 a 10 minutos) (RA, 2011).

³⁶ Mais informação - Ministry for the Environment. Versão on-line, Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling. <http://www.mfe.govt.nz/publications/air/atmospheric-dispersion-modelling/jun04/html/page5.html>.

³⁷ Mais informação, documento Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo – MIRAT. “Exemplo Modelo”. Da Comissão Técnica de Prevenção e Reparação de Danos Ambientais. Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente. Governo de Espanha.

Tabela 5.29. Quantificação dos danos ambientais.

Cenários	Recurso natural afectado	Estimativa/Volume Solo afectado
C_5	Descritor solo	Não mensurável
C_8	“	2700 m ³
C_10	“	900 m ³
C_12	“	3600 m ³
C_16	“	50 m ³
C_18	“	100 m ³
C_24	“	50 m ³

Fonte: Adaptada de (FER, 2011).

A figura 5.9 apresenta a área genericamente possível de ser afectada, consoante e a partir do epicentro da ocorrência, em consonância com a provável área do recurso natural afectado e conforme se descreve na secção 5.2 (figura 5.3) do presente capítulo.

Expeditamente percebeu-se as áreas que poderão ser afectadas nos próprios locais, dentro de um raio de acção entre, cerca 250 m (raio amarelo) a cerca de 500 m (raio vermelho), como área de influência (previsão da área afectada, por recurso à ferramenta de medição da Geo Eye – Google earth, 2013).



Figura 5.9. Área de influência e possível afectação, (raio influência amarelo, cerca 250 m/raio influência vermelho cerca 500 m). Fonte: Geo Eye – Google earth, 2013

5.5 Identificação das medidas de reparação e estimativa monetária da responsabilidade ambiental

A empresa a contratar especializada em descontaminação dos recursos naturais afectados, após o estudo técnico irá propor o tipo e técnicas reparação “in situ” ou “ex situ” que mais se adequa a cada tipo de poluente a tratar, desde a descontaminação físico-química, biológica, térmica, mista ou mesmo a contenção, confinamento ou remoção do solo contaminado para posterior descontaminação.

Como exemplo apresenta-se a técnica físico-química in-situ/ex-situ, conforme se apresenta na tabela 5.29, podendo a todo o momento alterar a técnica e preços a aplicar para a mais adequada ao momento, seguindo a metodologia apresentada.

Os custos ou estimativas de escavação, remoção, transporte e deposição de solo contaminado, varia entre os 300,00 a 500,00 USD (Dólar EUA) por tonelada (m³), ou seja entre 228,612 a 381,031 €. Os custos adicionais podem incluir a caracterização e tratamento de forma a cumprir as exigências legais em vigor³⁸.

Fazendo a passagem/câmbio à taxa actual (1,00000 USD = 0,72469 EUR).

Os custos ou estimativas, referente à técnica físico-química in-situ/ex-situ, lavagem de solos, varia entre 100,00 € e 200,00 € metro cúbico de solo contaminado, preços de 2007 (Albergaria, 2007). Actualizados pela taxa de inflação de 2008 a 2012, os custos actuais situam-se entre 111,00 € e 221,00 € o metro cúbico (m³) de solo contaminado³⁹.

A tabela 5.30, apresenta os custos de técnicas de limpeza e reparação de solos.

³⁸ Mais informação em FRTR., Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. Disponível em <http://www.frtr.gov/matrix2/top page.html>

³⁹ Outros custos para informação/reflexão do operador, referente à técnica de descontaminação “in situ”, lavagem de solo, unidade de referência o metro quadrado (m²): preço mínimo 0.50 €; preço médio 2.50 € e preço máximo 25.00 €. Informação em CONDABASE. © Banco de Dados Internacional da Construção. Informação disponível em http://www.condabase.com/pt/custos-de-constru%C3%A7%C3%A3o-e-componentes/pre%C3%A7o/descontamina%C3%A7%C3%A3o-in-situ,-lavagem-de-solo_50662.htm
- Técnicas de recuperação de solos – Tratamentos “in situ” – Técnicas de lavagem – Custo aproximado: 380 - 450 € / Ton. - Tempos de limpeza: variáveis. - Tratamentos “ex situ” – Técnicas de lavagem – Custo aproximado: 2 - 300 € / Ton. – (Por problemas de custos não se utilizam geralmente quando os volumes de solos poluídos são superiores a 5.000 / 10.000 m³). Tempos de limpeza: largos (Rubio, 2010).

- Rubio, R. F., (2010). *Tecnologias de descontaminação de solos e águas subterrâneas. Descontaminação de solos e águas subterrâneas no Concelho do Seixal*. [Projecto visual] [2010]. 48 Diapositivos: color. Comunicação efectuada no âmbito – sessões de apresentação e discussão do projecto. Lisboa, 13, 14 e 15 de Abril de 2010. Administração da região Hidrográfica do Tejo I.P. (ARHTejo). Frasa Engenheiros Consultores. http://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Projectos/exARH_Tejo/Passivos_ambientais_Seixal/Apresentacao_Prof_Rubio.pdf

Tabela 5.30. Custos de técnicas de limpeza/reparação de solos

Cenários	Estimativa/Volume Solo afectado	Técnicas	Preço [€] (m³)	Total [€]
C_5	Não mensurável	----//----	----//----	----//----
C_8	2700 m³	(*) Soil Flushing	533,36	1.440.072,00
C_10	900 m³	“	“	480.024,00
C_12	3600 m³	“	“	1.920.096,00
C_16	50 m³	“	“	26.668,00
C_18	100 m³	“	“	53.336,00
C_24	50 m³	“	“	26.668,00

- Legenda: “Soil Flushing” – Lavagem de solo;
 *Escavação de solo, remoção, transporte, lavagem e deposição;

Fonte: Adaptada de (FER, 2011).

Nesta fase procede-se à estimativa do risco associado a cada cenário com base nos valores apurados da magnitude das consequências e probabilidades, obtendo como resultado desta combinação o nível de risco. A tabela 5.31 apresenta o nível de risco associado a cada cenário.

Tabela 5.31. Nível de Risco (R) associado a cada cenário

Cenário	Probabilidade (P)	Valor (V)[€]	R=P*V
C_5	---//---	---//---	---//---
C_8	0,000128	1.440.072,00	18.432
C_10	0,000512	480.024,00	24.577
C_12	0,000032	1.920.096,00	6.144
C_16	0,000512	26.668,00	1.365
C_18	0,000032	53.336,00	170
C_24	0,0000027	26.668,00	7

Fonte: Adaptada de (FER, 2011).

Seguidamente procede-se ao ordenamento dos cenários associados aos custos mais baixos até atingir o somatório de 95% total do risco, utilizando para o efeito a metodologia para determinação da quantia da garantia financeira, conforme o estipulado no Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro (ver secção 4.1.6 do capítulo IV). A tabela 5.32 apresenta a determinação dos cenários que agrupam 95% do risco total.

Tabela 5.32. Determinação dos cenários que agrupam 95% do risco total

Cenário	Prob.	Valor (V) [€]	R=P*V	% Risco total	% Acumulado
C_5	---//---	---//---	---//---	---//---	---//---
C_24	0,0000027	26.668,00	7	0,013	0,013
C_16	0,000512	26.668,00	1.365	2,692	2,705
C_18	0,000032	53.336,00	170	0,335	3,040
C_10	0,000512	480.024,00	24.577	48,480	51,52
C_8	0,000128	1.440.072,00	18.432	36,358	87,878
C_12	0,000032	1.920.096,00	6.144	12,119	99,997
Total	0,0012187	3.946.864,00	50695	100	100

Fonte: Adaptada de (FER, 2011).

A proposta de cobertura de garantia financeira de Responsabilidade Ambiental a contratualizar neste caso de estudo representa um valor de 1.920.096,00 euros. No entanto, o operador pode acrescentar a este valor da cobertura de garantia financeira, sem carácter obrigatório, os custos de prevenção, mitigação do dano, ou seja, de acordo com o Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro, as Medidas de Controlo e Prevenção (MCP) representam 10% do valor da reparação primária. Assim sendo, o valor total da garantia financeira de Responsabilidade Ambiental totaliza um valor de **2.112.105,60 €**, conforme o apresentado na equação 6.

$$\text{MCP} = 0,10 \times 1.920.096,00 \text{ €} = 192.009,60 \text{ €}$$

$$\text{GF/RA} = 1.920.096,00 \text{ €} + 192.009,60 \text{ €} = 2.112.105,60 \text{ €}$$

Equação 6

A salientar também que o operador deve acrescentar a este valor da cobertura de garantia financeira, com carácter obrigatório, uma taxa, no montante máximo de 1% do respectivo valor, destinada a financiar os custos da intervenção pública de prevenção e reparação dos danos ambientais.

Denominado por Fundo de Intervenção Ambiental (FIA⁴⁰) – “Sobre as garantias financeiras, obrigatórias ou não, constituídas para assumir a responsabilidade ambiental

⁴⁰ O Fundo de Intervenção Ambiental (FIA) tem por missão financiar projectos que promovam a prevenção e reparação de danos ambientais naturais ou humanos, sejam eles resultantes da acção humana ou produto das forças da natureza, que exijam uma intervenção rápida ou para os quais se não possam dispor outros instrumentos jurídicos e financeiros. Como consagrado no regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais, artigo 23º do Decreto-Lei n.º147/2008, de 29 de Julho, os custos da intervenção pública de

inerente a uma actividade ocupacional incide uma taxa, no montante máximo de 1 % do respectivo valor, destinada a financiar a compensação dos custos da intervenção pública de prevenção e reparação dos danos ambientais prevista no presente Decreto – lei, a liquidar pelas entidades seguradoras, bancárias e financeiras que nelas intervenham” (artigo 23º DL RA), conforme o apresentado na equação 7.

A salientar que o FIA não se encontra operacional, pelo facto da portaria não ter sido publicada até ao momento, o que não implica que o operador não acautele esta situação financeira e esteja prevenido, pois esta verba é devida pelo menos deste 1 de Janeiro de 2010, data a partir da qual se tornou exigível a garantia financeira obrigatória.

$$\begin{aligned} \text{FIA} &= 0,01 \times 2.112.105,60 \text{ €} = 21.121,02 \text{ €} \\ \text{GF/RA} &= 2.112.105,60 \text{ €} + 21.121,02 \text{ €} = 2.133.226,62 \text{ €} \end{aligned}$$

Equação 7

$$\text{Total de GF/RA} = 2.133.226,62 \text{ €}$$

Como no Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental nacional até ao momento ainda não está nada definido, relativamente aos limites mínimos de constituição da garantia financeira, uma dificuldade deixada ao operador, sendo sua a responsabilidade de calcular e estabelecer um limite mínimo aceitável à constituição da garantia financeira.

Neste contexto, vai-se aplicar o Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental de Espanha o qual estabelece um limite máximo de 20.000.000 euros (nº1 do art. 30º, Lei 26/2007). Excluindo os operadores cuja actividade gere danos com reparação inferiores a 300.000 euros e danos com reparação entre 300.000 e 2.000.000 euros, desde que tenha aderido ao sistema Comunitário de Gestão e Auditoria Ambiental – EMAS⁴¹ ou disponha de certificação de acordo com a Norma ISO 14001, (alíneas a) e b) do art. 28º, Lei 26/2007). O que traduz neste caso de estudo, perante este valor da cobertura de garantia

prevenção e reparação dos danos ambientais são suportados pelo FIA. O Decreto-Lei n.º50/2006, de 29 de Agosto no seu art.º69º cria o FIA, tendo o Decreto-Lei n.º 150/2008, de 30 de Julho aprovado o Regulamento do Fundo. O FIA é um património autónomo sem personalidade jurídica, com autonomia administrativa e financeira e com personalidade judiciária (art.º 2º do Decreto-Lei n.º 150/2008, de 30 de Julho). No art. 4º do Decreto-Lei n.º 150/2008, de 30 de Julho confere, à Secretaria-Geral do Ministério responsável pela área do ambiente, a direcção do fundo (SGMAOT, 2010). Fundo de Intervenção Ambiental. Relatório de Actividades Anual de 2008 e 2009. Secretaria-Geral Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Abril 2010.

41 O objectivo do EMAS é promover a melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações através da criação e implementação de sistemas de gestão ambiental, a exploração sistemática, objectiva e periódica de tais sistemas, a difusão de informações sobre o seu desempenho ambiental, o diálogo aberto com o público e outras partes interessadas, e a participação activa dos colaboradores das organizações, bem como uma formação adequada.

financeira acima estimado, o operador estaria na obrigação de constituir uma garantia financeira.

No entanto, o operador sempre pode adoptar por não acrescentar ao valor da cobertura de garantia financeira os custos das medidas de prevenção (MCP/sem carácter obrigatório), mitigação do dano que representam 10% do valor da reparação primária.

Neste sentido, o valor da cobertura de garantia financeira seria reduzida para o valor total de 1,939.296.96 euros com o custo do FIA incluído de 19.200,96 euros. Como o operador tem a sua actividade certificada por um sistema de gestão ambiental de acordo com a Norma ISO 14001, conforme descrito na secção 5.1 do presente capítulo, estaria isento de constituir uma garantia financeira.

Contudo, a não obrigação de constituição de garantia financeira da responsabilidade ambiental não implica a isenção de reparação e prevenção de danos ambientais ou ameaça iminente de dano.

É também de ressaltar que são apenas medidas de reparação primária e não estão contabilizadas medidas de reparação complementar ou compensatória. Assim como, não estão contabilizados os custos estabelecidos no artigo 11.º do DL RA, conforme se apresenta na tabela 5.33.

Tabela 5.33.Custos estabelecidos no artigo 11.º do DL RA.

Custos estabelecidos no Artigo nº 11.º do DL RA	<ul style="list-style-type: none">- Consultoria;- Administrativos;- Jurídicos;- Execução;- Recolha dados;- Acompanhamento e de supervisão e;- Outros custos gerais (eventual monitorização).
--	--

Fonte: Adaptada de (art. 11.º do DL RA).

Assim, este valor de constituição garantia financeira dever ser visto com alguma cautela – só para demonstrar a aplicação desta metodologia e obter o valor aproximado que deve ser utilizado para reflexão do utilizador.

5.6 Resultados obtidos no workshop realizado no Aterro Sanitário de Mato da Cruz

Em 14 de Outubro de 2013, foi realizado um workshop no Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos de Mato da Cruz (ASMC) da VALORSUL, com o objectivo de apresentar os principais resultados que se obteve neste trabalho de investigação e receber o feedback dos responsáveis do aterro sobre os resultados apresentados.

Estiveram presentes nesse workshop para além de mim, o Sr. Engenheiro Dinis de Sousa, Director do Aterro Sanitário de Mato da Cruz, o Sr. Arlindo Teixeira, Encarregado Geral do ASMC e a Professora Doutora Ana Paula Martinho, a minha orientadora e docente da Universidade Aberta no Mestrado em Cidadania Ambiental e Participação.

Iniciou-se o workshop com uma apresentação de cerca de 15 minutos, onde foram abordados os principais resultados obtidos na tese, havendo um enfoque especial em relação aos eventos iniciadores e também à constituição da garantia financeira. Na figura 5.10 pode-se observar a apresentação dos resultados aos responsáveis pelo ASMC, estando o power-point preparado para esta apresentação disponível no Anexo G.



Figura 5.10. Foto do workshop realizado em 14 de Outubro de 2013. Apresentação de dados finais da investigação no ASMC.

- **Após a apresentação foram discutidos os seguintes aspectos:**
 1. Uma abordagem em relação aos recursos naturais protegidos na área de influência/envolvente das instalações;
 2. Identificação e selecção dos eventos iniciadores, cenários de acidente e, probabilidades de ocorrência;

3. O valor de constituição de garantia financeira para reflexão do utilizador.

• **Resultado da discussão pela ordem dos aspectos atrás mencionada:**

1. O consenso dos participantes em relação aos recursos naturais protegidos – águas superficiais/subterrâneas, espécies e habitats e solo com base na informação disponível na área de influência/envolvente das instalações:

✓ Águas superficiais/subterrâneas, não se insere em nenhum sistema aquífero, a existência de um poço a montante do aterro (cerca 200 m profundidade) e que a rede hidrográfica é pouco significativa, (ausência de caudal) só existindo escoamento após ter-se registado uma precipitação significativa. O sentido/direcção possível, do maior declive descendente, linhas de água e afluência das prováveis escorrências no rio Crós-cós.

2. Em relação aos eventos iniciadores e cenários de acidente os presentes no workshop referiram que concordavam com o que foi considerado na tese, nomeadamente os tópicos da discussão incidu:

✓ Nas probabilidades de ocorrência dos eventos iniciadores, as quais foram extraídas da literatura;

✓ Abordado também como medida considerada de alta importância na contenção do lixiviado em relação à quantidade, este encontra-se repartido por vários locais do Aterro Sanitário, onde se inclui caixas de recepção/visita, colectores e lagoas de lixiviado, o que em caso de acidente, implique que a quantidade envolvida a considerar será sempre menor do que foi considerado nos cálculos;

✓ Uma abordagem em relação aos materiais utilizados nos sistemas de contenção e recolha de lixiviado e biogás, a sua durabilidade/ envelhecimento e degradação de geomembranas, tubagens PEAD e consequente estimativa de vida útil. Expondo exemplos de estudos laboratoriais apresentados na literatura científica, a partir da aplicação e experiência na área de tubagens PEAD às geomembranas, pode-se esperar uma vida útil de serviço das geomembranas/tubagens HDPE ser consideravelmente superior a 100 anos, (provavelmente na ordem de várias centenas de anos) (Koch *et al.*, 1988; Lord e Halse, 1989; Hsuan e Koerner, 1995; Jessberger e Heibrock, 1997; *in* Rowe e Sangam, 2002);

✓ Foi discutido que os cenários de acidente foram desenvolvidos de raiz, através da técnica de árvores de eventos e que para o efeito se utilizou a frequência de

ocorrência do evento inicial nos factores condicionantes de cada árvore de eventos e que foram tidas em consideração as medidas de segurança implementadas no Aterro Sanitário, como:

- Barreiras de protecção, sistemas de contenção;
- Formação e treino do pessoal;
- Idade/envelhecimento dos equipamentos e sistemas de contenção e;
- Manutenção;

✓ Também foi abordado, em relação às probabilidades de ocorrência dos cenários de acidente, que estas podiam a todo o momento ser ajustadas se necessário, seguindo a técnica utilizada.

✓ Ficou também lançado um repto interessante para se realizar uma análise das causas que originam os prováveis eventos iniciadores associados aos diversos sistemas/equipamentos existentes nas instalações, através da aplicação da técnica árvores de falhas (fault tree);

✓ Foi sugerido também a implementação a título de reforço/complemento (medidas secundárias de contenção) às medidas de controlo operacional existentes, um sistema de contenção e desvio do lixiviado, visto que o sentido/direcção das escorrências se direcciona para sul afluindo no rio Crós-cós. Medida que foi tida em consideração, pois com um segundo sistema de contenção na área de afluência das escorrências, a probabilidade de contaminação dos recursos naturais seria praticamente nula, ou pelo menos minimizava bastante o risco ambiental.

3. Foi também apresentado o valor de constituição de garantia financeira para reflexão do utilizador. Tendo sido discutido neste seguimento os custos ou estimativas de escavação, remoção e tratamento/descontaminação do solo, pois estes foram extraídos da literatura e aproximados o mais possível da realidade, custos que foram tidos em consideração, tendo o Sr. Director demonstrado interesse em tentar sondar os custos praticados no mercado e oportunamente o respectivo feedback para posterior actualização se necessário.

No final do workshop foi entregue uma cópia dos slides/power-point da apresentação ao Sr Director do ASMC. Tendo sido enviado à posteriori alterações após

atualização dos dados ajustados do workshop, nomeadamente em relação ao valor de constituição de garantia financeira.

Capítulo VI – Conclusões finais e recomendações

6.1 Conclusões finais e recomendações

Esta investigação surge no âmbito da Cidadania Ambiental e Participação tendo como objecto de estudo a aplicação do regime de responsabilidade ambiental ao aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos de Mato da Cruz.

“O regime de responsabilidade ambiental é justificado no quadro de uma economia desenvolvida e competitiva, com capacidade para cumprir os imperativos legais da legislação ambiental e assumir os custos inerentes aos danos e/ou ameaças iminentes provocados”. Ao mesmo tempo, exerce um papel primordial na sociedade contemporânea, assumidamente mais exigente no direito ao ambiente sadio e ecologicamente equilibrado, do qual depende o bem-estar, a saúde e a qualidade de vida humana (Sá, 2011:227).

A contemporaneidade reflecte uma sociedade decidida a preservar o ambiente, que questiona o Estado sobre esta tarefa fundamental, que pressiona as entidades públicas e privadas a adoptarem atitudes e comportamentos de minimização ou de redução de emissões poluentes e que reclama a responsabilidade de reposição do ambiente ao estado inicial que se verificava antes da ocorrência dos danos ambientais, exigindo a adopção de medidas de prevenção e/ou de reparação necessárias. É neste preâmbulo que os operadores se encontram e enfrentam, actualmente, a pressão da opinião pública, cada vez mais informada, esclarecida e influenciadora de comportamentos sociais, que se manifesta pela aceitação ou rejeição das actividades, dos produtos, de marcas ou dos serviços concebidos (Sá, 2011).

Neste sentido, a necessidade de proteger os recursos naturais, preservar a qualidade do ambiente são preocupações sentidas de certa forma por todos os cidadãos. Este trabalho reflecte a crescente consciência e preocupação dos diversos agentes, nomeadamente, operadores, seguradoras, entidades públicas e privadas no âmbito da responsabilidade ambiental, na reparação e prevenção dos danos sobre os recursos naturais protegidos pelo Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho (DL RA). Este diploma transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva Comunitária n.º 2004/35/CE, de 21 de Abril, que estabelece o regime jurídico da responsabilidade ambiental aplicável à prevenção e reparação dos danos ambientais, com base no princípio do poluidor-pagador.

Todavia, em relação ao tema da responsabilidade ambiental, o estado da arte em Portugal apresenta um quadro de pouca ou quase nenhuma participação ou debate, por parte da Autoridade Competente para a RA. Existindo apenas um guia, nomeadamente, o Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental de Outubro de 2011 (APA;ISO, 2011), e em fase de desenvolvimento um Guia Metodológico para a Constituição da Garantia Financeira – conjuntamente com uma proposta de isenção para actividades ocupacionais de baixo risco, de uma análise e risco simplificada, de uma abordagem para a determinação de valores mínimos e uma metodologia de avaliação de risco ambiental para a constituição de Garantia Financeira. Também se aguarda pela aprovação e publicação da Portaria que fixa os limites mínimos para a constituição das garantias financeiras obrigatórias.

Esta reflexão traduz que é do interesse do operador desenvolver estudos fundamentados, que permitam, nomeadamente:

- Diagnosticar e analisar todos os sistemas de controlo operacional/equipamentos e substâncias perigosas existentes no interior das instalações;
- Identificar os cenários de risco ambiental;
- Avaliar e estimar os custos de reparação de cada cenário de risco;
- Implementar medidas de prevenção e de mitigação perante os riscos ambientais;
- Analisar e caracterizar o estado dos recursos abrangidos pelo DL RA na sua área de influência/envolvente e de manter permanentemente actualizado o seu estado inicial;
- Determinar o tipo de garantia financeira mais adequado a constituir.

Uma conduta que irá assegurar oportunamente que os custos a serem suportados para a reparação de danos são evitados ou pelo menos são reduzidos substancialmente (Alcântara, 2013).

Neste contexto, a sublinhar uma prática apoiada na excelência na gestão ambiental referente ao Aterro Sanitário objecto de estudo, ao dispor das melhores técnicas disponíveis (MTD) no âmbito da legislação em vigor, nomeadamente: Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto relativo à Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), e Decreto-lei nº 183/2009, de 10 de Agosto; relativo à deposição de resíduos em aterro. Na implementação de mecanismos de gestão ambiental (Norma ISO 14001) de

forma eficaz e eficiente, observado no exemplar desempenho ambiental das inúmeras actividades desenvolvidas, garantindo o cumprimento de todas as disposições regulamentares em vigor.

Para alcançar os objectivos propostos utilizou-se a metodologia baseada na Norma espanhola UNE 150008 de Março, da Associação Espanhola de Normalização e Certificação (AENOR) que estabelece uma metodologia para a análise e avaliação de risco ambiental, as linhas orientadoras do Real Decreto nº 2090/2008, de 22 de Dezembro e no Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental de 2011, produzido pela Agência Portuguesa Ambiente (APA).

A metodologia aplicada nesta dissertação, mostrou ser necessária uma equipa multidisciplinar devido à complexidade e subjectividade de uma análise e avaliação de risco ambiental. A sua aplicação também é temporalmente extensa, subjacente à quantidade de cenários de acidentes ou consequências identificados e seleccionados a desenvolver, assim como aos recursos naturais presentes no interior da instalação e envolvente e recolha de informação suficiente e pertinente para desenvolver a análise de avaliação de risco ambiental.

Barreiras/obstáculos que ao serem ultrapassados, determina que estamos perante uma metodologia eficaz, podendo ser utilizada, pois correspondeu aos objectivos planeados e às necessidades do objecto de estudo. Embora se possa considerar que a sua aplicação seja dispendiosa.

Neste trabalho conclui-se que para além da metodologia utilizada também poderá haver uma complementaridade com outras metodologias desenvolvidas em outros países (p. e. Reino Unido e Irlanda). Estas metodologias apresentadas foram desenvolvidas num âmbito mais alargado que a Responsabilidade Ambiental, nomeadamente a directiva Seveso, tendo sido adaptadas para responder aos desafios lançados e estabelecidos na DRA, na intenção de melhorar técnicas e procedimentos de modo a facilitar e melhorar a avaliação de riscos de responsabilidade ambiental, assim como, na procura de instrumentos de cálculo de garantia financeira mais equilibrados e justos.

Contudo, a escolha da metodologia no desenvolvimento deste trabalho inclinou para a utilização prática da Norma Une 150008:2008, por um lado devido à proximidade de Espanha e da solicitação da respectiva certificação/autorização para a sua aplicação.

Por outro lado, a existência de variada e imensa documentação referente ao tema que serviu de apoio à investigação e por último o desafio perante as dificuldades em desenvolver/aplicar esta metodologia no sector dos resíduos sólidos urbanos (RSU), nomeadamente num aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos e na incerteza da sua aplicabilidade resultar em sucesso no alcance dos objectivos propostos.

A metodologia do guia Irlandês foi em parte utilizada no presente estudo, ao ser realizado um workshop para recolha de consensos e validação de riscos, nomeadamente probabilidades de ocorrência associados aos eventos iniciadores e cenários de acidentes ou de consequências, assim como a análise da lista de fontes de perigo/riscos, a qual serviu de apoio e diagnóstico conjuntamente com outros documentos científicos na análise de identificação de fontes de perigo/riscos.

A Norma UNE e o guia da Irlanda apresentam metodologias que indicam de certa forma algum potencial de complementaridade que poderá ser explorada na aplicação do Diploma RA.

O provável recurso a ser afectado na ocorrência de um evento acidental a considerar é o solo, tendo sido estimada a provável extensão máxima da área afectada expeditamente com recurso da ferramenta de medição do Geo Eye – Google earth, e do estudo da morfologia/relevo do terreno (declives, obstáculos naturais, definição de linhas de drenagem naturais, talvegues, linhas de cumeada, festos, e bacia hidrográfica. etc....), assim como, apoiada de informação documental recolhida e através da observação local.

A área possível de ser afectada, consoante e a partir do epicentro da ocorrência, em consonância com a provável área do recurso natural afectado, expeditamente percepcionou-se como área de influência (previsão da área afectada) as áreas que poderão ser afectadas nos próprios locais, dentro de um raio de acção de cerca de 500 m. Análise apoiada na literatura para emissões de biogás e sua concentração para alvos dos 50 m a 500 m, com recurso de uma avaliação inicial simplificada, (fórmula matemática, ver tabela 5.28 - análise qualitativa, resumo dos cenários de acidentes seleccionados) para identificar de modo rápido a ordem de grandeza das concentrações médias de uma fonte pontual, para uma situação sob condições atmosféricas neutras.

O cenário de acidentes ou consequências seleccionado e desenvolvido tem como referência C_12, que é – a probabilidade de ocorrência e respectivas consequências/afecção sobre o recurso solo (interior/exterior). Resultou da aplicação da

técnica de análise por árvores de acontecimentos (ETA - Event Tree Analysis) e da consequente falha do evento iniciador, referenciado por AE_2 (falha no sistema de drenagem lixiviados). O cenário C_12 resulta do ordenamento dos cenários seleccionados e associados aos custos mais baixos ao atingir o somatório de 95% total do risco, conforme determinado na metodologia desenvolvida para determinação da quantia da garantia financeira, (conforme o estipulado no Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro).

As probabilidades de falhas relativas aos eventos iniciadores foram extraídas da literatura da especialidade, resultado do painel de peritos/especialistas (Mavropoulos e Kaliampakos, 2002). Dados que estão relacionados com componentes individuais, (camada mineral, sistema de drenagem, revestimento sintético,...) que analisam o desempenho do componente.

A salientar também, Pivato (2004), a heterogeneidade dos resíduos e a complexidade das características físicas, químicas e biológicas, os processos que ocorrem no interior de um aterro sanitário necessitam de procedimentos específicos, a fim de avaliar o risco para o meio ambiente.

Neste trabalho verificou-se também alguma dificuldade na obtenção de informação para diminuir incertezas, em relação a literatura de campo e dados de laboratório sobre falhas em aterros, pois, não são suficientes para estabelecer as distribuições de probabilidade. Foi necessário assim incluir dados subjectivos nesta análise. Nestes casos, tem-se tornado bastante habitual, recorrer a especialistas e áreas afins na estimativa subjectiva, ou seja, em pareceres sobre o assunto (Pivato, 2004).

Em síntese algumas limitações e dificuldades sentidas, em relação a ferramentas específicas/sectoriais de risco para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos; - de literatura especializada, dados de campo e laboratoriais insuficientes para determinar frequências/probabilidades de falhas/causas em equipamentos, sistemas de controlo ambiental, (drenagem e queima de biogás e de drenagem e tratamento de lixiviados).

A necessidade em recorrer a especialistas, desenvolver estudos, protocolos, recolher informação e decisões de peritos, para analisar o risco a partir do perigo associado a substâncias, processos, etc., e na selecção de modelos específicos mais avançados e adequados de cálculo da dispersão de substâncias poluidoras, devido à complexidade, subjectividade e incertezas associadas com a modelagem da dispersão.

Neste trabalho uma forma de se ultrapassar essas incertezas, foi apresentar e discutir num workshop realizado no ASMC, as frequências/probabilidades de falhas /causas em equipamentos e sistemas de controlo ambiental aos técnicos responsáveis pelo ASMC que concordaram com os valores apresentados.

No desenvolvimento dos cenários de acidentes/consequências identificados e respectivas probabilidades de ocorrência com recurso à técnica quantitativa das árvores de acontecimentos (event tree). Esta técnica avalia as possíveis consequências associadas a um determinado evento iniciador até às consequências finais, considerando a possível sequência de eventos e os factores condicionadores associados. O que resultou na quantificação dos respectivos danos ambientais associados aos cenários de maior nível de risco, e permitiu extrair uma análise e avaliação de risco baixo e moderado. Um risco convenientemente calculado e controlado através de medidas de controlo operacional (contenção/prevenção implementadas), em relação ao Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos em estudo.

Assim como, se determinou a estimativa do respectivo valor monetário da garantia financeira de responsabilidade ambiental, cujo valor incidiu sobre a afectação do recurso natural solo, assente na reparação primária (escavação, remoção, transporte e respectivo tratamento físico-químico, lavagem de solos contaminados (soil flushing). A estimativa do respectivo valor monetário da garantia financeira de responsabilidade ambiental a contratualizar, representa um valor de 1.920.096,00 euros.

A este valor da cobertura de garantia financeira, o operador deve ter em consideração o seguinte:

(i) Sem carácter obrigatório

Acrescentar os custos das Medidas de Controlo e Prevenção (MCP), mitigação do dano que representam 10% do valor da reparação primária.

(ii) Com carácter obrigatório

Acrescentar uma taxa, no montante máximo de 1% do respectivo valor, destinada a financiar os custos da intervenção pública de prevenção e reparação dos danos ambientais, denominado por Fundo de Intervenção Ambiental (FIA).

Resultando na obrigação de constituir uma garantia financeira de responsabilidade ambiental a contratualizar no valor total de 2.133.226,62 euros.

O operador para se proteger do risco tem ao seu alcance algumas soluções ou instrumentos para enfrentar estas situações ou exigências através das seguintes modalidades:

- (i) Subscrição de uma Apólice de Responsabilidade Civil Ambiental;
- (ii) Garantia Bancária;
- (iii) Participação em Fundos Ambientais e;
- (iv) Constituição de fundos próprios reservados para o efeito.

A sublinhar que as vantagens em decidir optar por uma Apólice de Responsabilidade Civil Ambiental face aos outros instrumentos, a mencionar:

- (i) A transferência do risco (limitada pelo limite por sinistro/anuidade e pela franquia) e;
- (ii) A não exigência em afectar activos como contra-garantias, frequentemente exigidas pelo banco e segurador de caução, ou para a constituição de fundos (Monteiro, 2011).

Para finalizar, a extrair da análise/diagnóstico, seria interessante e de mais valia implantar como reforço às medidas de controlo operacional existentes, um sistema de contenção e desvio do lixiviado, visto que o sentido das escorrências se direcciona para sul afluindo no rio Crós-cós. A ocorrer um cenário desta natureza, o estudo desenha uma probabilidade muito baixa de poder ocorrer, a verificar a implementação de um segundo sistema de contenção na área de afluência das escorrências, a probabilidade de contaminação dos recursos naturais seria praticamente nula, ou pelo menos minimizava bastante o risco ambiental.

Ao longo deste trabalho foram surgindo obstáculos e preocupações que requisitam a necessidade de ser investigados e desenvolvidos. Neste sentido seria também interessante, para trabalho futuro realizar uma análise das causas e o desenvolvimento das árvores e cenários que originam os prováveis eventos iniciadores associados aos diversos sistemas/equipamentos existentes nas instalações, através da aplicação da técnica árvores de falhas (fault tree).

Uma técnica dedutiva que proporciona determinar as causas de um provável acidente, assim como pode apresentar resultados/dados qualitativos através de julgamentos

críticos, como também apresentar resultados/dados quantitativos referente às probabilidades de falhas em relação aos respectivos sistemas de controlo operacional/equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albergaria, T. (2007). *Remediação de solos. Técnicas e aplicações práticas*. [Projectão visual] [2007]. 17 Diapositivos: color. Comunicação efectuada no âmbito do Seminário, 7 e 8 de Março de 2007. Tecnologias Físicas e Químicas de Remediação. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2007;
- Alcântara M. (2013). *A Visão do Segurador*. Apresentação no Seminário “Responsabilidade Ambiental 2004-2014. Da Directiva de 2004 ao Relatório de 2014 Caminho Percorrido e Perspetivas de Futuro” 25 de Setembro 2013 , FUNDACIÓN MAPFRE. ISEG (Instituto Superior de Economia e Gestão) , Lisboa;
- Antunes, P.; Santos, R.; Martinho, S.; Lobo, G. (2002). *Estudo sobre sector eléctrico e ambiente, 3º relatório – política do ambiente e sector eléctrico*. ECOMAN – Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, DCEA-FACT, Universidade Nova de Lisboa. 6 p.;
- APA, (2011). *Relatório de Resíduos Urbanos em 2010*. Edição, Agência Portuguesa Ambiente, Outubro de 2011. 23 p.;
- APA e ISQ, (2011). *Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental*. Edição, Agência Portuguesa Ambiente. Amadora, Outubro de 2011. 58-59-61-62 pp. ISBN 978-972-8577-58-2;
- Bauer, J.; Kölsch, F.; Borgatto, A. V. A (2008). *Stability analysis according to different shear strength concepts exemplified by two case studies*. Technical University of Braunschweig, Leichtweiss-Institute. Dept. of Waste and Resource Management. Beethovenstr. 51a, Braunschweig, Germany Ueda, Furuichi (eds): Anais dos 5 ° APLAS, Sapporo (Japão). Proceedings of APLAS Sapporo 2008. The 5th Asian-Pacific Landfill Symposium. Sapporo, Hokkaido, Japan, October 22 – 24, 2008;
- Benvenuto, C. (2012). *Aspectos Operacionais de Aterros de Resíduos e Estabilidade Geotécnica dos Aterros sanitários*. Estabilidade Geotécnica de Aterros Sanitários. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Núcleo Regional São Paulo (ABSM). 26 p.;
- Borgatto, A. V. A. (2006). *Estudo do Efeito Fibra e da Morfologia na Estabilidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos*. Dissertação em Engenharia civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – Brasil. 74-75 pp.;

- BP, (2011). Final Report National Commission on the Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling;
- BP, (2005). *Ficha informativa de segurança do produto Gasóleo*. Identificação da substancia /preparação gasóleo. BP Portugal – Comércio de Combustíveis e Lubrificantes, SA. Porto Salvo, 14/01/2005;
- Braga, J. e Morgado, E. (2012). *Guia do Ambiente. Desenvolvimento Sustentável: Oportunidade Inadiável*. Edição Monitor – Projectos Edições Lda. 26-204 pp. ISBN: 978-972-9413-83-4;
- Brasinter, (2010). *Ficha de informações de segurança de produto químico. Ácido Sulfúrico*. FISPO nº 11. Produtos Químicos Lda. Data da Última Revisão: 01/2010. Revisão: 01, 2 p.;
- Canotilho, J. J. G. (coord.) (1998). *Introdução ao Direito do Ambiente*. Universidade Aberta, Lisboa. 84 p. ISBN: 972-674-232-3;
- CE, (2008). *Financial security in Environmental Liability Directive*. Bio Intelligence Service in association with WSP. Environmental for the European Commission. 17-18-33 pp.;
- CE, (2009). *Study on the Implementation Effectiveness of the Environmental Liability Directive (ELD) and related Financial Security Issues*. Bio Intelligence Service Report for the European Commission (DG Environment). 7-8-12 pp.;
- CEA, (2009). *Navigating the Environmental Liability Directive. A practical guide for insurance underwriters and claims handlers*. 12 p.;
- Colomer, F. J. M. (2006). *Análisis y Sistematización de la Seguridad Medioambiental de los vertederos Controlados de Residuos Urbanos y Asimilables. Aplicación a las Balsas de Lixiviados*. Universidad Politécnica de Valencia, 2006. Tesis Doctoral - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. 370 pp.;
- Colomer, F. J. M. e Gallardo, A. I. (2007). *Identificación de peligros asociados a un vertedero controlado*. Universitat Jaume I de Castellón. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción, 2007. Revista Resíduos, Maio/Junho, 2007. 86-87-89-90 pp. (Documento cedido por cortesia pelo Professor Doutor Francisco J. Colomer Mendoza);
- CONSEMA, (2008). Conselho Estadual do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Ata da 247ª Reunião Ordinária do Plenário do Conselho Estadual de Meio Ambiente Consema, realizada no dia 20 de Maio de 2008;

- COM 581 final - Relatório da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, 2010. 5 p.;
- COM 47 (1993). "Livro Verde". Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu e ao Comité Económico e Social: Reparação dos danos causados no ambiente;
- COM (2000) 66 final. "Livro Branco". Estudo sobre a melhor forma de configurar um regime comunitário de responsabilidade ambiental. Consultado, 8MAI12;
- CTPRDA, (2010). *Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo – MIRAT. "Estructura y Contenidos Generales de los Instrumentos Sectoriales para el Análisis del Riesgo Medioambiental*. Comissão Técnica de Prevenção e Reparação de Danos Ambientais. Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente. Governo de Espanha. 4-5-6 pp;
- CTPRDA, (2011). *Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo – MIRAT. "Ejemplo Modelo"*. Comissão Técnica de Prevenção e Reparação de Danos Ambientais. Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente. Governo de Espanha. Consultado em 28MAR13. Disponível em http://www.magrama.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/MIRAT_Ejemplo_Modelo_tcm11-163227.pdf;
- CTPRDA, (2012). *Memoria del análisis de impacto normativo abreviada del proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Reglamento de Desarrollo Parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de Diciembre*. Comissão Técnica de Prevenção e Reparação de Danos Ambientais. Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente. Governo de Espanha. 3-18 pp.;
- Decreto – Lei nº 60/2012, de 14 de Março. Transpõe a Directiva n.º 2009/31/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril, e estabelece o regime jurídico da actividade de armazenamento geológico de dióxido de carbono (CO (índice 2)). D.R. n.º 53, Série I de 2012-03-14;
- Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de Junho, O presente decreto – lei altera o regime geral da gestão de resíduos e transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos. D.R. n.º 116, Série I de 2011-06-17;
- Decreto-Lei nº 103/2010, de 24 de Setembro, que estabelece as normas de qualidade ambiental no domínio da política da água e transpõe a Directiva n.º 2008/105/CE, do

Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, e parcialmente a Directiva n.º 2009/90/CE, da Comissão, de 31 de Julho. D.R. n.º 187, Série I de 2010-09-24;

- Decreto – Lei n.º 29-A/2010, de 1 de Março. Estabelece as disposições necessárias à execução do Orçamento do Estado para 2011, aprovado pela Lei n.º 55-A/2010, de 31 de Dezembro. DR n.º 42, Série I de 2011-03-1;
- Decreto – Lei n.º 245/2009, de 22 de Setembro. Quarta alteração do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, simplificando o regime de manutenção em vigor dos títulos de utilização dos recursos hídricos emitidos ao abrigo da legislação anterior, e primeira alteração do Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho, estabelecendo a competência da Agência Portuguesa do Ambiente no domínio da responsabilidade ambiental por danos às águas. D.R. n.º 184, Série I de 2009-09-22;
- Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros, incluindo as características técnicas específicas para cada classe de aterros. D.R. n.º 153, Série I de 2009-08-10;
- Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro, que estabelece o regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/118/CE. D.R. n.º 209, Série I de 2008-10-28;
- Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto. “Regime de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição”. D.R. n.º 164, Série I de 2008-08-26;
- Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho (RA), que estabelece o regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais e transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 2004/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril de 2004 (DRA). D.R. n.º 145, Série I de 2008-07-29;
- Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de Julho, que define a Rede Fundamental de Conservação da Natureza e as normas que a regem. D.R. n.º 142, Série I de 2008-07-24;
- Decreto-Lei n.º 254/2007, de 12 de Julho. “Regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para o homem e o ambiente”. D.R. n.º 133, Série I de 2007-07-12;

- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, que aprova o regime geral da gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro. D.R. n.º 171, Série I de 2006-09-05;
- Decreto-Lei n.º 140/1999, de 24 de Abril, republicado pelo DL n.º 49/2005, de 24 de Fevereiro, “Espécies de flora e fauna e habitats”. D.R. n.º 96, Série I-A de 1999-04-24 e D.R. n.º 39, Série I-A de 2005-02-24;
- Dias, A.; Calil, L. F. P.; Rigoni, E.; Ogliari, A. ; Sakurada, E. Y.; Kagueiama, H. A. (2011). Metodologia para análise de risco: mitigação de perda de SF₆ em disjuntores. Florianópolis [S.n.], 2011. 304 p.;
- Directiva n.º 2009/147/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de Novembro relativa à conservação das aves selvagens;
- Directiva n.º 2008/105/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa a normas de qualidade ambiental no domínio da política da água, que altera e subsequentemente revoga as Directivas 82/176/CEE, 83/156/CEE, 84/491/CEE E 86/280/CEE do Conselho, e que altera a Directiva 2000/60/CE;
- Directiva n.º 2006/121/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Dezembro de 2006. “Relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas”;
- Directiva n.º 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Abril de 2004. Relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais;
- Directiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água (DQA);
- Directiva n.º 1999/45/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 31 de Maio de 1999. “Relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das preparações perigosas”;

- Directiva nº 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros;
- Directiva nº 96/82/CE do Conselho de 9 de Dezembro de 1996. "Relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas";
- Directiva nº 92/43/CEE do Conselho, de 21 de Maio relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens;
- Directiva nº 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos;
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias, (2004). *Guía para la realización del análisis del riesgo medioambiental, [en el ámbito del Real Decreto 1254/99 (Seveso II)]*. Ministerio del Interior. Consultado em 5OUT12;
- DGPCA, (2004:28). *Guía Básico – Ley de Responsabilidad Medioambiental y normativa de desarrollo*. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2004. 28 p.;
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias, (s/d). *Guía Técnica. Métodos cualitativos para el análisis de Riesgos*. Ministerio del Interior. España. www.proteccioncivil.org, y Asociación Iberoamericana de Protección Civil y Defensa civil.
- EA, (2004). *Landfill directive. Guidance on the management of landfill gas*. Environment Agency. Published by: Environment Agency Rio House, Waterside Drive, Aztec West Almondsbury, Bristol BS32 4UD. 31-32 pp.;
- ECB, (2003). *Technical Guidance Document on risk Assessment, in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) nº 1488/94 for existing substances and Directive 98/8/EC of European Parliament and the Council Concerning the placing of biocidal products on the market*. 2ª Ed. Part II. European Chemicals Bureau.;
- EPA, (1986). *Avoiding failure of leachate collection and cap drainage systems*. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH. Report nº EPA/600/2-86/058. 11 p.;
- FEMA, (2002). *Landfill Fires; Their Magnitude, Characteristics, and Mitigation*. Federal Emergency Management Agency United States Fire Administration, National Fire Data Center, May 2002/FA-225. 12-13-14-24 pp.;

- FER, (2011). *Análisis de riesgos ambientales y herramientas para su gestión*. Federación de Empresarios de a Rioja. Garrigues, Medio Ambiente. Logroño, 18 de noviembre de 2011;
- Fischer, C.; Maurice, C.; Lagerkvist, A. (1999). *Gas Emission from Landfills. An overview of issues and research needs*. ECONS SA, Environmental engineering. University of Technology. Division of Landfill Science & Technology. AFR-REPORT 264. AFN, Naturvardsverket. Swedish Environmental Protection Agency, 1999. ISSN 1102-6944 – ISRN;
- FRTR, (s/d). *Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0*. Disponível em http://www.frtr.gov/matrix2/top_page.html;
- Garcia, R. F. (2008). *Introducción a la norma UNE 150008:2008 de análisis y evaluación del riesgo ambiental*, 2008. Synopsis de la ley 26/2007 de responsabilidad medioambiental, la revista residuos 101 y 105. 58-66 pp.;
- Gilberto, F. (2011). *As alterações climáticas e a Indústria Seguradora*. Lidel – edições técnicas, Lda. Lisboa – Porto. ISBN: 978-972-757-831-3. 1-125-212 pp.;
- Henderson P. e Sperling T. (2001). Prevention is the best approach to landfill fires, but when that fails, you better be prepared with a timely and effective response. *Vancouver Landfill Demolition Fire*. MSW - Management. The Journal for Municipal Solid Waste Professionals, September-October;
- Holland-Bartels, L. E. (2002). *Exxon Valdez Oil Spill Restoration Project Final Report*. Mechanisms of Impact and Potential Recovery of Nearshore Vertebrate Predators Following the 1989 Exxon Valdez Oil Spill. Restoration Project 99025. Final Report. Volume 1. L. E. Holland-Bartels, Editor. U.S. Geological Survey Alaska Biological Science Center 1011 East Tudor Road Anchorage, Alaska 99503. December 2002;
- ICNF, (2013). Instituto da Conservação da natureza e das Florestas. Áreas Classificadas. Consultado em 25DEZ12. Disponível em <http://www.icnf.pt/ICNFPortal/vPT2007-AP-EstuarioTejo/A+Reserva/Mapa+e+Caracterizacao/>;
- IOWA CITY, (2012). *Municipal Landfill Fire*. The Iowa City Landfill officially reopened to the general public on Monday, June 11th. Atualizado: 14 de Junho de 2012, 13:30. Consultado em 22MAR13. Disponível em <http://www.icgov.org/?id=2221>;

- INERIS, (2006). Programme EAT – DRA-34 – Opération j – *Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques* – partie 2: données quantifiées. Annexe 1: Données sur les causes. 1-2 pp.;
- ISSMGE, (2012). International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Bulletin: Volume 6, Issue 1, February 2012. 12-15 pp.;
- Jennifer, C. (1996). *Fire strikes ill-fated Rumpke site*. Waste & Recycling News. Notícia de 3 de Junho de 1996;
- JICA, (2007). *Closure Case in Malaysia – Appendices*. Japan International Cooperation Agency. Consultado em 22MAR13. Disponível em <http://61.22.62.5/SAMOA/SWMW/FUKUOKA-MTD2/index1.htm>;
- JO, L 143/2004 –. *Directiva 2004/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Abril de 2004. Relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais. Jornal Oficial da União Europeia*;
- Johannesen, L. M.; Boyer, G. (1999). *Observations of Solid Waste Landfills in Developing Countries: Africa, Asia, and Latin America*. Urban Development Division Waste Management Anchor Team, 1999. The World Bank The International Bank for Reconstruction and Development/Washington, D.C. 20433, U.S.A. 13-14 pp.;
- Lehmann, E. C. (2007). *Landfill Research Focus*. Published by Nova Science Publishers, Inc. New York. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2007. 85-86 pp. ISBN-13:978-1-60021-775-3 (hardcover);
- Levy, J. Q. e Cabeças, A. J. (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos. Princípios e Processos*. 1ª Edição – AEPSA. Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente. ISBN: 989-95059-0-0. 1-179-180-182-188-213-217-331 pp.;
- Ley num. 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE núm. 255, de 24 de octubre de 2007;
- Lipton J. e Jeune K. L., (2008). Toolkit for Performing Resource Equivalency Analysis to Assess and Scale Environmental Damage in the European Union (REMEDE). Stratus Consulting Inc., Colorado, USA. Jan-Bart Calewaert, Laboratory of Environmental Toxicology and Aquatic Ecology, Ghent University, Ghent, Belgium Ece Ozdemiroglu, ettec, London, UK;

- Kjeldsen, P.; Barlaz, M. A.; Rooker, A. P.; Baun, A.; Ledin A. & Christensen, T. H. (2002). *Present and Long -Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review*, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2002. 2-4-32-97-320-336 pp. DOI: 10.1080/10643380290813462;
- Kolsch, F.; Ziehm, G. (2004). *Ensuring landfill stability. Risks and challenges*. International solid waste association. Promoting sustainable waste management worldwide, 2004. Revista, Maio/Junho, ISWA, Copenhaga. 56-58 pp.;
- MA, (2005). *Japan's Experience in Promotion of the 3 Rs". For the Establishment of a Sound Material-Cycle Society*. Ministério do Ambiente. 7 p.;
- Martinho, G.; Santos, J.; Brandão, A.; Santos, I. ; Almeida, J. ; Lobo, F. ; Nunes, M. ; Silva, J. e Costa, A. (2008). *Relatório IRAR n.º 03/2008 – Gestão e Tratamento de lixiviados produzidos em aterros sanitários de resíduos urbanos*. Departamento de Estudos e Projectos Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa – Resíduos. 1-2-12 pp. ISBN: 978-989-95392-5-9 / 978-972-8893-20-0;
- Martinho, M. G. M.; Gonçalves, M. G. P.; Silveira, A. I. E. (s.d.). *Gestão Integrada de Resíduos*. Universidade Aberta, Lisboa. 4-5-6-7-10-15-50 pp.;
- Mavropoulos, A. e Kaliampakos, D. (2002). *Risk assessment as an engineering tool in Landfills*. EPEM SA, Athens, Greece. National Technical University of Athens, Greece, 2002;
- ME, (2011). "Rationale for the Development and Application of Generic Soil, Groundwater and Sediment Criteria for Use at Contaminated Sites in Ontario". Ontario Ministry of the Environment;
- ME, (2004). Ministry for the Environment. Versão on-line, Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling. Informação disponível em http://www.mfe.govt.nz/publications/air/atmospheric-dispersion-modelling_jun04/html/page5.html;
- Monteiro C. (2011). Artigo, "Responsabilidade civil ambiental". Jornal O MIRANTE. Semanário Regional. Edição de 13-01-2011. Mais informação disponível em <http://semanal.omirante.pt/index.asp?idEdicao=478&id=71203&idSeccao=7694&Action=noticia>;

- Norma Espanhola UNE 15008:2008/AENOR. *Análise e Avaliação do Risco Ambiental*". Da Associação Espanhola de Normalização e Certificação de Março de 2008. 1-45 pp. (Autorizada a licença de uso da respectiva Norma);
- NHBC, (2007). *Guidance on Methane and Carbon Dioxide*. Report Edition nº 04, March 2007 National House-Building Council;
- OECD, (2012). *Liability for Environmental Damage in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia (EECCA): Implementation of Good International Practices*. Organisation for Economic Co-Operation and Development. 11 p.;
- OSHA, (2007). *Report ID: 0352450, Inspection: 311690325. Mountainview Landfill, Inc.* Occupational Safety & Health Administration. United States Department of Labor. Consultado em 20FEV13. Disponível em http://www.osha.gov/pls/imis/establishment.inspection_detail?id=311690325;
- Pivato, A. (2004). *Environmental Sustainability of Landfills: Performance-based methodology for assessing the aftercare end-point*. Università Degli Studi di Padova. Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova. Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica (Image). Thesis Dottorato di Ricerca in Ingegneria per L' Ambiente e il Territorio XVII Ciclo;
- Pivato, A. (2011). *Landfill Liner Failure: An Open Question for Landfill Risk Analysis*. Scientific Research Journal of Environmental Protection. 2, 287-297 pp. doi:10.4236/jep.2011.23032;
- Portaria n. ° 187/2007, de 12 de Fevereiro, que aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos – 2007-2016 – PERSU II. D.R. n.º 30, Série I de 2007-02-12;
- PNGR, (2011). *Plano Nacional de Gestão de Resíduos*, 2011. 114 p. Consultado em 25JAN13. Disponível em www.apambiente.pt/_cms/view/page_doc.php?id=10;
- Plano Director Municipal de Vila Franca de Xira (PDM). Planeamento Urbano, Regional e de Transportes, Lda. "1ª Revisão – Análise e Diagnóstico Caderno III – Caracterização Biofísica (V4) Volume I", com base na análise climatológica elaborada por Reis (1981), INMG (1991) e Ribeiro (1999);

- Real Decreto nº 2090 /2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE núm. 308, de 23 de diciembre de 2008;
- Rios, P. e Salgueiro, A. (2012). *Responsabilidade Ambiental e garantias financeiras. O regime português e o exemplo espanhol*. Instituto de Ciencias del Seguro. Fundación MAPFRE. Revista Gerência de Riscos e Seguros nº 112. Primeiro Quadrimestre de 2012. 22--37 pp.;
- Roque, M. C. R. (2009). *Estudos de caracterização de áreas mineiras degradadas. Proposta de metodologia com aplicação à área mineira de santo António, Penedono*. Tese de Doutoramento em Geologia. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia;
- Rowe, R. K.; Sangam, H. P (2002). Elsevier Science, Review Article. "Durability of HDPE geomembranes". Department of Civil Engineering, GeoEngineering Centre at Queen's-RMC, Queen's University, Kingston, Ont., Canada K7L 3N6;
- Russo, M. A. T. (2003). *Tratamento de Resíduos Sólidos*. Universidade de Coimbra. Faculdade de ciências e tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. 62-127-128 pp.;
- Russo, M. A. T. (2006). *Avaliação dos Processos de Transformação de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro Sanitário*. Universidade do Minho, Braga, 2006. Tese de doutoramento. 1-40-43-287 pp.;
- SÁ, S. (2011). *Responsabilidade Ambiental – Operadores Públicos e Privados*. Vida Económica – Editorial, SA. Porto. ISBN: 978-972-788-430-8. 29-144-145-227 pp.
- Salgueiro, A. I. R. C. (2002). *A Framework to support the implementation of environmental insurance systems – Sistemas Naturais e suas Tensões*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2002. Tese de doutoramento. 1 p.;
- Salgueiro, A. (2013). *Responsabilidade Ambiental. O Princípio do Poluidor Pagador e a importância da Gestão de Risco*. Edição MLearning: MBooks. ISBN 978-989-20-4044-8. 86-134 pp.;
- Santos, V. C. (2011). *Os créditos de carbono da empresa Alto Tietê Biogás*. São Paulo. Science in Health. A revista de saúde da Universidade Cidade de São Paulo. Volume 11 – Nº 3 – SET/DEZ/2011. 138-144 pp. ISSN 2176-9095;
- SEPA, (2002). *Guidance, 2002: Landfill Directive: Risk Assessment For Landfill Sites. The Geological Barrier, Mineral Layer and the Leachate Sealing and Drainage System*. Scottish Environment Protection Agency;

- SEPA, (2004). *Guidance, 2004: of landfill gas. LFTGN 03, Landfill directive Rio House, Waterside Drive, Aztec West. Almondsbury, Bristol BS32 4UD*. Scottish Environment Protection Agency. 52-53-54-55 pp.;
- Schuller, J. C. H.; Brinkman, J. L.; Gestel, P. J.; Otterloo, R. W. (1997). Committee for the Prevention of Disasters “red book” (CPR 12E). *Methods for determining and processing probabilities*. Second. Edition, 1997: in VROM, 2005. Publication Series on Dangerous Substances 4 (PGS 4). 17.23 pp.;
- TIMES-NEWS, (2008). *Known Cause of Blast. Methane gas culprit in landfill explosion*. Notícia de 9 de Janeiro de 2008. Consultado em 5MAR13. Disponível em http://www.times-news.com/local/local_story_009092215.html;
- URS, (2010). United Research Services España S.L.U. Benchmark Legal e Metodológico Suporte Técnico e Guia Sectorial no âmbito do Decreto-Lei N° 147/2008, de Responsabilidade Ambiental. 41-75 pp.;
- URS, (2012). United Research Services España S.L.U. Guia Sectorial de Responsabilidade Ambiental para a Armazenagem de Produtos Petrolíferos – Regiões Autónomas. 60 p.;
- Videira, N.; Alves, I.; Subtil, R. (2005:41). *Instrumentos de Apoio à Gestão do Ambiente*. 1º Volume. Universidade Aberta, Lisboa. 41 p. ISBN: 972-674-465-2;
- Visa, (2010). Estudo de Impacte Ambiental. Projecto da Pedreira “Arcena”. Alverca do Ribatejo /Vila Franca de Xira. Elaborado pela Visa Consultores de Geologia Aplicada e Engenharia do Ambiente, S.A., sob solicitação do proponente, CIMPOR – Indústria de Cimentos, S.A.;
- WNA, (2013). World Nuclear Association. Energia Nuclear no Mundo de Hoje. Disponível em <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Safety-of-Plants/Fukushima-Accident/#.Ukb0HtJ6YrM>;
- Zeidler, A.; Kleemayr, K.; Lexer, W. e Stickler T. (s/d). *Risk Governance & Risk Communication*. WP6 Framework Paper. Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space (CLISP). 8 p.;

ANEXOS

Anexo A – Quadros 1 e 2, resultados das águas superficiais a montante e a jusante do ASMC.

Quadro 1. Resultados das águas superficiais a montante do ASMC

Parâmetros	18 Maio	26 Outubro
pH	7,8	8,1
Cloretos (mg Cl/L)	<10	11
Sulfatos (mg SO ₄ / L)	39	<25
Oxigénio Dissolvido (%)	19	102
Carência Bioquímica Oxigénio 5 (mg/ L)	<10	<5
Azoto Amoniacal (mg N/ L)	<3,11	4,67
Azoto Kjeldahl (mg N/ L)	16	6
Cobre (mg Cu/ L)	<0,3	<0,3
Zinco (mg Zn/ L)	<0,10	<0,10
Fósforo (mg P/ L)	1	<0,5
Cádmio (mg Cd/ L)	<0,10	<0,10
Crómio total (mg Cr/L)	<0,020	0,0091
Níquel (mg Ni/L)	<0,5	<0,5
Chumbo (mg Pb/L)	<1	<1
Mercurio (mg Hg/L)	<0,0002	0
Cianetos (mg Cn/L)	<0,02	0
Arsénio (mg As/L)	<0,010	0,010
Subst tensioactivas aniónicas (mg LSS/ L)	0,12	<0,05
Clorofenóis (ug/L)	0	<2
Hidrocarbomáticos polinucleares (ug/L)	<0,5	<0,01
PCB (ug/L)	0,00	<0,0146
Pesticidas totais (ug/L)	<0,1	<0,02

Fonte: Adaptado (RA, 2011/ASMC)

Quadro 2. Resultados das águas superficiais a jusante do ASMC

Parâmetros	18 Maio	26 Outubro
pH	7,6	7,7
Cloretos (mg Cl/L)	36	35
Sulfatos (mg SO ₄ / L)	88	57
Oxigénio Dissolvido (%)	11	106
Carência Bioquímica Oxigénio 5 (mg/ L)	10	<5
Azoto Amoniacal (mg N/ L)	<3,11	11,67
Azoto Kjeldahl (mg N/ L)	10	15
Cobre (mg Cu/ L)	<0,3	<0,3
Zinco (mg Zn/ L)	<0,14	<0,23
Fósforo (mg P/ L)	1,2	1,2
Cádmio (mg Cd/ L)	<0,10	<0,10
Crómio total (mg Cr/L)	<0,020	0,0368
Níquel (mg Ni/L)	<0,5	<0,5
Chumbo (mg Pb/L)	<1	<1
Mercúrio (mg Hg/L)	<0,0002	0
Cianetos (mg Cn/L)	<0,02	0
Arsénio (mg As/L)	0	<0,010
Subst tensoactivas aniónicas (mg LSS/ L)	0,18	<0,05
Clorofenóis (ug/L)	<0,6	160
Hidrocarbomáticos polinucleares (ug/L)	<0,5	<0,01
PCB (ug/L)	0,00	<0,0146
Pesticidas totais (ug/L)	<0,1	<0,02

Fonte: Adaptado (RA, 2011/ASMC)

Anexo B – Quadros 3 e 4, resultados obtidos na rede piezométrica das águas subterrâneas a montante e a jusante do ASMC.

Quadro 3 – Resultados das águas subterrâneas a montante do ASMC

Piezômetros/montante				
Parâmetros	Pz1	Pz2	Pz12	Pz 13
pH	6,30	6,78	7,06	7,56
Condutividade (ms/cm)	1500	3550	3170	5240
Cloretos (mg Cl/L)	69	551	26	40
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	41	30		
Alumínio (mg Al/L)	0,042	2,24		
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	6	56		
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	24,20	21		
Hidrocarbonetos Totais (mg/L)	<0,1	<0,05		
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH/L)	0,033	0,009		
Ferro (mg Fe/L)	1	1600		
Manganês (mg Mn/L)	<0,5	<0,5		
Cobre (mg Cu/L)	<0,3	<0,3		
Zinco (mg Zn/L)	<0,10	0,41		
Nitratos (mg NO ₃ /L)	<2	<2		
Cádmio (mg Cd/L)	<0,10	<0,10		
Crômio (mg Cr/L)	<0,020	<0,02		
Crômio Hexavalente (mg Cr/L)	<0,0050	<0,0050		
Níquel (mg Ni/L)	<0,5	<0,5		
Chumbo (mg Pb/L)	<1,0	<1,0		
Mercúrio (mg Hg/L)	<0,01	<0,01		
Cianetos (mg Cn/L)	<0,005	<0,005		
Arsênio (mg As/L)	0	0,595		
Fluoretos (mg F/L)	<2,0	<2		
Antimônio (mg Sb/L)	0	<0,01		
Selênio (mg Se/L)	<0,05	<0,05		
Potássio (mg K/L)	4,5	640		
Carbonatos (mg CaCO ₃)	<6	<6		
Bicarbonatos (mg HCO ₃ /L)	940	880		
Nitritos (mg NO ₂ /L)	<0,005	<0,005		
Sulfuretos (mg S/L)	2,11	21,9		
Bário (mg Ba/L)	0,09	0,44		
Boro (mg B/L)	<0,01	0,6		
Cálcio (mg Ca/L)	28	440		
Magnésio (mg Mg/L)	9,2	27		
Sódio (mg Na/L)	60	240		
AOX (mg/L)	0,10	6,94		

Fonte: Adaptado (RA, 2011/ASMC)

Quadro 4 – Resultados das águas subterrâneas a jusante do ASMC

Piezômetros/jusante				
Parâmetros	Pz9	Pz10	Pz14	Pz15
pH	6,80	6,62	6,67	Novo piezômetro
Condutividade (ms/cm)	2170	3410	2490	
Cloretos (mg Cl/L)	454	711	418	
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	98	89	290	
Alumínio (mg Al/L)	3,85	1,61	6,79	
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	8	22	4	
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	7,91	30	2,64	
Hidrocarbonetos Totais (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH/L)	0,011	<0,005	<0,005	
Ferro (mg Fe/L)	2	28	89	
Manganês (mg Mn/L)	<0,5	<0,5	1,2	
Cobre (mg Cu/L)	<0,3	<0,3	<0,3	
Zinco (mg Zn/L)	<0,10	<0,1	0,48	
Nitratos (mg NO ₃ /L)	<2	<2	25,5	
Cádmio (mg Cd/L)	<0,10	<0,10	<0,10	
Crômio (mg Cr/L)	<0,020	<0,020	<0,020	
Crômio Hexavalente (mg Cr/L)	<0,0050	<0,0050	<0,005	
Níquel (mg Ni/L)	<0,5	<0,5	<0,5	
Chumbo (mg Pb/L)	<1,0	<1,0	<0,1	
Mercúrio (mg Hg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	
Cianetos (mg Cn/L)	<0,005	<0,005	<0,005	
Arsênio (mg As/L)	0,014	0,021	<0,010	
Fluoretos (mg F/L)	<2	<2,0	<2,0	
Antimônio (mg Sb/L)	<0,01	0	<0,01	
Selênio (mg Se/L)	<0,05	<0,05	<0,05	
Potássio (mg K/L)	4,9	680	660	
Carbonatos (mg CaCO ₃)	<6	<6	<6	
Bicarbonatos (mg HCO ₃ /L)	460	650	940	
Nitritos (mg NO ₂ /L)	<0,005	0	0	
Sulfuretos (mg S/L)	<0,010	<0,010	<0,010	
Bário (mg Ba/L)	0,08	0,16	0,09	
Boro (mg B/L)	<0,01	0,7	<0,01	
Cálcio (mg Ca/L)	450	360	1200	
Magnésio (mg Mg/L)	24	38	25	
Sódio (mg Na/L)	87	250	150	
AOX (mg/L)	<0,01	1,08	<0,01	

Fonte: Adaptado (RA, 2011/ASMC)

Anexo C – Quadro 5 – Concentração máxima de contaminantes, características de Toxicidade.

Quadro 5 – Concentração máxima de contaminantes, características de Toxicidade.

EPA HW n° 1	Contaminantes	CAS n° 2	Reg/ Nível (mg/L)
D004	Arsénio	7440-38-2	5.0
D005	Bário	7440-39-3	100.0
D018	Benzeno	71-43-2	0.5
D006	Cádmio	7440-43-9	1.0
D019	Tetracloroeto de carbono	56-23-5	0.5
D020	Clordano	57-74-9	0.03
D021	Clorobenzeno	108-90-7	100.0
D022	Clorofórmio	67-66-3	6.0
D007	Crómio	7440-47-3	5.0
D023	o-Cresol	95-48-7	4 200.0
D024	m-Cresol	108-39-4	4 200.0
D025	p-Cresol	106-44-5	4 200.0
D026	Cresol		4 200.0
D016	2,4-D	94-75-7	10.0
D027	1,4- Diclorobenzeno	106-46-7	7.5
D028	1,2-Dicloroetano	107-06-2	0.5
D029	1,1-Dicloroetileno	75-35-4	0.7
D030	2,4- Dinitrotolueno	121-14-2	3 0.13
D012	Endrin	72-20-8	0.02
D031	Heptachlor (and its epoxide)	76-44-8	0.008
D032	Hexachlorobenzene	118-74-1	3 0.13
D033	Hexachlorobutadiene	87-68-3	0.5
D034	Hexachloroethane	67-72-1	3.0
D008	Chumbo	7439-92-1	5.0
D013	Lindane	58-89-9	0.4
D009	Merúrio	7439-97-6	0.2
D014	Methoxychlor	72-43-5	10.0
D035	Methyl ethyl ketone	78-93-3	200.0
D036	Nitrobenzene	98-95-3	2.0
D037	Pentachlorophenol	87-86-5	100.0
D038	Pindina (benzeno)	110-86-1	3 5.0
D010	Selénio	7782-49-2	1.0
D011	Prata	7440-22-4	5.0
D039	Tetrachloroethyl-ene	127-18-4	0.7
D015	Toxaphene	8001-35-2	0.5
D040	Trichloroethyl-ene	79-01-6	0.5
D041	2,4,5-Trichlorophenol	95-95-4	400.0

D042	2,4,6-Trichlorophenol	88-06-2	2.0
D017	2,4,5-TP (Silvex)	93-72-1	1.0
D043	Cloreto de vinila	75-01-4	0.2

Fonte: Adaptado de EPA

Anexo D – Quadro 6 - Análise da Qualidade dos lixiviados produzidos/ASMC.

Quadro 6. Análise da Qualidade dos lixiviados produzidos/ASMC

Células/instalações/Valores				
Parâmetros	A	B	C	D
pH (escala Sorensen)	8,24	7,60	7,54	10,64
Condutividade (uS/cm)	30000	14360	12390	129700
Cloretos (mg Cl-/L)	6390	2340	3890	67300
Sulfatos (mg SO4/L)	60	57	290	220
Alumínio (mg/L)	0,150	0,098	0,407	0,106
CQO (mg O2/L)	1470	795	1210	1180
Azoto Amoniacal (mg NH4/L)	2020	1320	34	37
Carbono Orgânico Total (mg/L)	944	586	324	4,32
Hidrocarbonetos Totais (mg/L)	0,35	0,22	<5	<0,05
Fenóis (mg C5H5OH/L)	0,20	0,063	<0,005	0
Ferro (mg/L)	12	14	1	2,3
Manganês (mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cobre (mg/L)	<0,3	<0,3	0,9	<0,3
Zinco (mg/L)	0,26	0,20	0,29	0,17
Nitratos (mg NO3/L)	<2	<2	<2	<2
Cádmio (mg Cd/L)	<0,10	<0,10	<1	<0,10
Crômio Total (mg/L)	0,2890	0,1330	0,0072	0,0372
Crômio Hexavalente (mg Cr6+/L)	0,2820	0,1330	<0,0050	0,0250
Níquel (mg/L)	0,7	<0,5	<0,5	<0,5
Chumbo (mg/L)	<1,0	<1,0	<1	<0,1
Mercúrio (mg Hg/L)	<0,01	<0,01	<0,010	<0,01
Cianetos (mg CN/L)	0,0130	0,0130	0,0140	<0,005
Arsénio (mg As/L)	0,064	0,029	0	<0,010
Fluoretos (mg F/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Antimônio (mg Sb/L)	<0,01	<0,01	<0,2	0,03
Selênio (mg Se/L)	<0,05	<0,05	<0,3	<0,05
Potássio (mg K/L)	1300	930	380	2600
Carbonatos (mg CaCO3/L)	<6	<6	<6	76
Bicarbonatos (mg HCO3/L)	14000	14000	<10	250
Nitritos (mg NO2/L)	<0,005	<0,005	<0,005	4,1
Sulfuretos (mg S/L)	<0,02	<0,02	4,5	<0,01
Bário (mg Ba/L)	0,51	0,36	0,29	2,62
Boro (mg B/L)	12,4	10	0,8	<0,01
Cálcio (mg Ca/L)	48	82	380	410

Magnésio (mg Mg/L)	46	40	34	3,1
Sódio (mg Na/L)	110	110	1400	100
AOX (mg/L)	1,74	1,22	<0,01	1,17
Legenda: A – célula RSU/Valorsul; B – célula RSU/VFX; C – ITVE; D – célula Cinzas Inertizadas				

Fonte: Adaptado (RA, 2011/ASMC)

Anexo E – Quadro 7 - Qualidade mínima para as águas superficiais. Anexo XXI do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto.

Quadro 7 – Qualidade mínima para as águas superficiais

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMA
pH	Escala de Sorensen	5,0-9,0
Temperatura	°C	30
Variação da temperatura	°C	3
Oxigénio dissolvido	% de saturação	50
CBO₅	O ₂ mg/l	5
Azoto amoniacal	N mg/l	1
Fósforo total	P mg/l	1
Cloretos	Cl mg/l	250
Sulfatos	SO ₄ mg/l	250
Clorofenóis	mg/l, por composto	100
Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares	mg/l	100
Substâncias tensoactivas aniónicas	mg/l	0,5
Pesticidas:		
Total	mg/l	2,5
Por substância individualizada	mg/l	0,5
Bifenilospoliclorados (PCB).	mg/l	20
Azoto Kjeldhal	N mg/l	2
Cianetos totais	CN mg/l	0,05
Arsénio total	As mg/l	0,1
Cádmio total	Cd mg/l	0,01
Chumbo total	Pb mg/l	0,05
Crómio total	Cr mg/l	0,05
Cobre total	Cu mg/l	0,1
Mercurio total	Hg mg/l	0,001
Níquel total	Ni mg/l	0,05
Zinco total	Zn mg/l	0,5

Fonte: Anexo XXI do DL nº 236/98, de 1 de Agosto

Anexo F – Quadro 8 – Dados da monitorização do biogás captado/composição antes da queima em % e (m³/h) /2011.

Quadro 8. Dados da monitorização do biogás captado/composição antes da queima em % e (m³/h).

Parâmetros	Valores	
	(%)	(m ³ /h)
Metano	52,3	129
Dióxido de Carbono	37,1	92
Oxigénio	2,6	6,4
Ácido Sulfídrico (ppm)	58	1,4
Azoto	8,0	20
Poder Calorífico Inferior Metano (GJ/m ³)	0,0187	---
Caudal médio	---	248

Anexo G – Slides. Apresentação/dados finais da investigação realizada no ASMC.

RESPONSABILIDADE AMBIENTAL ASMCRUZ

Aplicação do Regime Jurídico de Responsabilidade Ambiental estabelecido pelo Decreto-lei nº147/2008 (DL RA) ao Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Mato da Cruz (ASMC) da VALORSUL.

DECRETO-LEI Nº147/2008, RELATIVO À RESPONSABILIDADE AMBIENTAL (DLRA)

- ❑ A responsabilização financeira do “operador” cuja actividade tenha causado danos ambientais ou a “ameaça iminente” de tais danos, em termos da prevenção de ameaça iminente de danos e da reparação de danos ambientais;
- ❑ Um regime de garantias financeiras obrigatórias para os operadores, cujas actividades estejam elencadas no anexo III do respectivo diploma.

2

METODOLOGIA UTILIZADA

- ❑ A metodologia utilizada é baseada na Norma UNE 150008:2008 que estabelece uma metodologia para a análise e avaliação de risco ambiental, e que inclui o desenvolvimento de árvores de acontecimentos e no Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental produzido pela Agência Portuguesa Ambiente.
- ❑ A análise de risco foi feita com base numa análise semi - qualitativa e com base em informação disponível.

3

AVALIAÇÃO DA RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

DO ASMC: Principais Passos/etapas

1. Caracterização/descrição da envolvente do ASMC, áreas de maior sensibilidade ambiental;
2. Análise de risco ambiental (onde foram desenvolvidos e identificados os cenários de acidente com maior nível de risco de ocorrência de situações de ameaça iminente e/ou dano ambiental à luz do DL RA).
3. Avaliação do(s) dano(s) ambientais associados ao(s) cenário(s) de maior nível de risco e;
4. Estimativa monetária associada aos danos ambientais significativos e exercício de determinação da possível GF.

4

Etapa 1 - CARACTERIZAÇÃO/DESCRIÇÃO DA ENVOLVENTE

DO ASMC: áreas de maior sensibilidade ambiental

Objectivo: Análise qualitativa com base em informação disponível, do estado dos recursos naturais abrangidos pelo DL RA.

a. Recurso águas superficiais/subterrâneas

- ✓ A área de influência/estudo não se insere em nenhum sistema aquífero reconhecido na bibliografia;
- ✓ Rede hidrográfica da área de influência é pouco significativo, (ausência de caudal) só existindo escoamento após ter-se registado uma chuvada significativa;
- ✓ Recurso encontra-se em permanente monitorização e dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo DL n.º 236/98.

5

b. Recurso espécies e habitats naturais

- ✓ Não foram identificadas quaisquer espécies e habitats naturais protegidos pelo DL RA; - Área de influência não se encontra abrangida por nenhuma área classificada em qualquer das redes de conservação de natureza, nacional ou europeia.

c. Recurso solo

- ✓ Solos calcários pardos/mediterrânicos vermelhos, reduzidas potencialidades agrícolas, baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água e uma reduzida espessura efectiva. Não se encontram classificados na RAN.

6

Etapa 2 - ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL / ASMC

- Nesta etapa desenvolve-se as seguintes fases:

- identificação/zonas das instalações/equipamentos;
- Identificação/caracterização de fontes de perigo/substâncias no interior das instalações;
- Zonas, fontes de perigo, identificação eventos iniciadores/ causas e probabilidades de ocorrência;
- Árvores de eventos (Event Tree Analysis "ETA");
- Exemplo de árvore de eventos (Event Tree): C_5).

7

a. identificação/zonas das instalações/equipamentos



Identificação das áreas/sectores das instalações/equipamentos

Zonas	Instalações/Equipamentos
A	Células de resíduos sólidos urbanos/Valorsul
B	Estação de tratamento de lixiviados (ETAL) / lagoas de aquejamento
C	Células de deposição de cinzas inertizadas
D	Célula de resíduos sólidos urbanos/VFX
E	Área serviços/manutenção/depósito combustíveis
F	ITVE e Central de aproveitamento de Biogás

G - Instalação de armazenagem temporária de acumuladores/pilhas, (na zona C);
 H - Instalação de tratamento e valorização de escórias.

8

b. Identificação/caracterização de fontes de perigo/substâncias no interior das instalações

Identificação/caracterização de fontes perigo/ no interior das instalações			
Fontes de perigo	Substâncias	Frase/R	Cód. Ler
Combustível/ gasóleo	Substâncias/Hidrocarbonetos (carbono, hidrogénio) / hetero-compostos (carbono, hidrogénio, enxofre, azoto, oxigénio, vários metais).	R40/52/53/65/66	13 07 01 ⁽⁷⁾
Acumuladores/ pilhas	Substâncias incorporadas, metais pesados, em especial o chumbo (Pb), o cádmio (Cd), o mercúrio (Hg) e Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄).	(Pb): R61/20/22/62; (Cd): R20/22/23/45/ 46/48/51/53/60/61 (Hg): R23/24/25/33/ 34/52/53.	16 06 01 ⁽⁷⁾ 16 06 02 ⁽⁷⁾ 16 06 03 ⁽⁷⁾
Lixiviado	Composição/substâncias	pH; Condutividade; CQO; COT; Carbonatos/bicarbonatos; CN; Cloretos; Fluoretos; Amónio; NO ₃ ; Nitritos; Sulfatos; Sulfuretos; Al; Ba; B; Cu; Fe; Mn; Zn; Sb; As; Cd; Cr total; Cr VI, se aplicável; Hg; Ni; Pb; Se; Ca; Mg; Potássio; Sódio; Índice de C6H5OH; AOX; Hidrocarbonetos totais. Anexo D – quadro 7.	
Biogás	Substâncias gases (CO ₂ , NO _x , COVs, dioxinas), composição em Anexo JF – quadro 9.		

9

c. Zonas, fontes de perigo, identificação eventos iniciadores/ causas e probabilidades de ocorrência.

Zonas	Fontes Perigo	Eventos Iniciadores	Causas	Prob.
A	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	AE_1 Fuga lixiviados	Falha, rompimento/rotura geomembrana basal	0.0026
	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	AE_2 Saída/fuga lixiviados	Falha componente sistema drenagem/captação lixiviado	0,04
	Substâncias /biogás Anx. F – Quadro 9	AE_3 Migração/fuga biogás Incêndio/Explosão	Falha sistema drenagem/captação biogás/rotura tubagem vertical	0,04
B	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	BE_4_A Fuga lixiviados	Rompimento/rotura geomembrana/basal	0.039
	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	BE_4_B Fuga lixiviados	Má soldadura geomembrana basal	0.09
	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	BE_5 Derrame de lixiviados por transbordo	Pluviosidade elevada	0,0107

10

	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	BE_5 Derrame de lixiviados por transbordo	Pluviosidade elevada	0,0107
C	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	CE_6 Fuga lixiviados	Rompimento/rotura geomembrana/fundo	0.0008
D	Substâncias /lixiviado Anx. D – Quadro 7	DE_7 Saída/fuga lixiviado	Falha componente sistema drenagem/captação lixiviado	0,04
E	Substâncias / gasóleo	EE_8 Fuga/derrame gasóleo	Depósito, (capacidade 30 m ³) falha genérica interna	0,001
F	Substâncias /biogás Anx. F – Quadro 9	FE_9 Emissões biogás	Falha sistema tratamento biogás	---
	Substâncias /biogás Anx. F – Quadro 9	FE_10 Emissões de biogás	Valorização Energética de Biogás/Falha nos motogeradores	---
G	Substâncias / metais pesados, em especial o chumbo (Pb), o cádmio (Cd) e o mercúrio (Hg).	G_11 Incêndio/emissões ar/águas residuais da extinção contaminadas	Armazém/falha interna genérica	---

✓ Medidas Segurança/ prevenção//contenção e deteção implementadas

11

d. Árvores de eventos (Event Tree Analysis "ETA")

▪ Nesta fase, foram desenvolvidas:

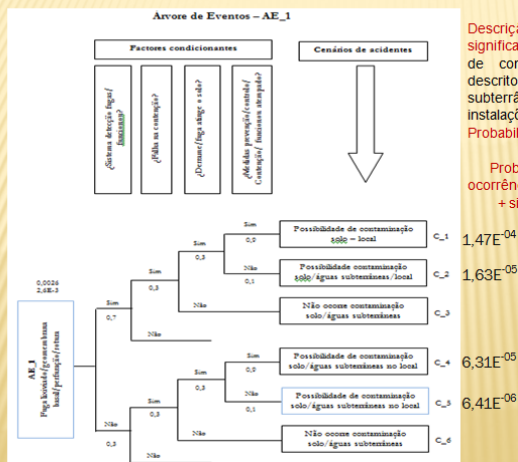
Árvores de eventos de acidentes	4
Cenários de acidente associados às árvores de eventos	24
Cenários de acidente seleccionados c/ maior probabilidade de ocorrer	7

▪ Cenários de acidente seleccionados:

Cenário acidente	Probabilidades
C_8	1,28E ⁻⁴
C_10	5,12E ⁻⁴
C_12	3,2E ⁻⁵
C_16	5,12E ⁻⁴
C_18	3,2E ⁻⁵
C_24	2,70E ⁻⁶

12

e. Exemplo de árvore de eventos (Event Tree): C_5)



Descrição – C_5 – Cenário + significativo. Possível ocorrência de contaminação/afecção nos descritores naturais: solo e águas subterrâneas no interior/local das instalações. Dano não mensurável. Probabilidades – 6.41E⁻⁰⁶

Probabilidade de ocorrência dos cenários + significativos

Etapa 3 - AVALIAÇÃO DO(S) DANO(S) AMBIENTAIS

associados ao(s) cenário(s) de maior nível de risco

- Nesta etapa foram usadas escalas qualitativas para determinar:

- a. Atribuição da magnitude das consequências;
- b. Avaliação dano/consequências - Cenários acidentes; - avalia-se a gravidade sobre o meio natural, p/determinar a magnitude através do seguinte algoritmo:

$$\text{Quantidade} + 2 * \text{perigosidade} + \text{extensão} + \text{qualidade do meio} = \text{gravidade sobre o meio natural}$$

- c. Atribuição do nível de probabilidade de ocorrência;
- d. Estimativa do risco;

Tabelas qualitativas finais

Cenários	Quantidade	+ 2 * Perigosidade	+ Extensão	+ Qualidade do meio	= Gravidade do meio natural
C_5	1	+(2 * 1)	1	1	5
C_8	2	+(2 * 1)	2	1	7
C_10	1	+(2 * 1)	1	1	5
C_12	2	+(2 * 1)	2	1	7
C_16	1	+(2 * 3)	1	1	9
C_18	1	+(2 * 3)	1	1	9
C_24	1	+(2 * 2)	1	1	7

Probabilidade/Frequência	Valor	Cenários de acidentes (C)						
		C_5	C_8	C_10	C_12	C_16	C_18	C_24
<1 Vez/ mês	Muito Perigoso	5						
1 Vez/ mês - 1 Vez/ ano	Alto Perigoso	4						
1 Vez/ ano - 1 Vez/ 10 anos	Perigoso	3	x	x	x	x	x	
1 Vez/ 10 anos - 1 Vez/ 50 anos	Franco	2	x					x
>1 Vez/ 50 anos	Imperioso	1						

Legenda: C (Cenário): 0 - 1 Milão de anos ou mais; 1 - Entre uma vez por mil e uma vez por ano; 2 - Entre uma vez por ano e uma vez a cada 10 anos; 3 - Entre uma vez a cada 10 anos e uma vez a cada 50 anos; 4 - Entre uma vez a cada 50 anos e uma vez a cada 100 anos; 5 - Entre uma vez a cada 100 anos e uma vez a cada 500 anos.

Tabelas qualitativas finais

Cenário	Nível de Probabilidade	Gravidade/Evento natural		
		Nível de gravidade	Risco	Nível de Risco
C_5	2	1	2	1-baixo
C_8	3	1	3	1-baixo
C_10	3	1	3	1-baixo
C_12	3	1	3	1-baixo
C_16	3	2	6	2-moderado
C_18	3	2	6	2-moderado
C_24	2	1	2	1-baixo

Probabilidade	Gravidade					Avaliação	Valores	Parâmetros
	1	2	3	4	5			
1	1	2	3	4	5	Risco muito alto	5	De 21 a 25
2	2	4	6	8	10	Risco alto	4	De 16 a 20
3	3	6	9	12	15	Risco médio	3	De 11 a 15
4	4	8	12	16	20	Risco moderado	2	De 6 a 10
5	5	10	15	20	25	Risco baixo	1	De 1 a 5

16

ETAPA4 - ESTIMATIVAMONETÁRIAASSOCIADA AOS DANOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS:

exercício de determinação da possível garantia financeira

- Nesta etapa desenvolveu-se as seguintes fases:

- Avaliação dos danos ambientais**
(área genericamente possível de ser afectada, consoante o epicentro da ocorrência);
- Custos de técnicas de limpeza/reparação de solos;**
- Nível de risco associado a cada cenário;**
- Determinação dos cenários que agrupam 95% do risco total;**
- A proposta de cobertura de garantia financeira de Responsabilidade Ambiental.**

17

a. **Avaliação dos danos ambientais** - (área genericamente possível de ser afectada, consoante o epicentro da ocorrência);

Cenários	Recurso natural afectado	%Área afectada (m²)
C_5	Descritor solo	Insignificante
C_8	Descritor Solo	100% - 1650 m²
C_10	Descritor Solo	25% - 412,5 m²
C_12	Descritor Solo	100% - 1650 m²
C_16	Descritor Solo	50% - 50 m²
C_18	Descritor Solo	100% - 100 m²
C_24	Descritor Solo	50 m²



18

b. Custos de técnicas de limpeza/reparação de solos;

Cenário	Área afectada (m ²)	Técnicas	Preço (€) (m ³)	Total (€)
C_5	Insignificante	-----	-----	-----
C_8	100% - 1650 m ²	⊗ Soil Flushing	339,61 / 533,36	560.356,50 / 880.044,00
C_10	25% - 412,5 m ²	⊗ Soil Flushing	339,61 / 533,36	140.089,12 / 220.011,00
C_12	100% - 1650 m ²	⊗ Soil Flushing	339,61 / 533,36	560.356,50 / 880.044,00
C_16	50% - 50 m ²	⊗ Soil Flushing	339,61 / 533,36	16.980,50 / 26.668,00
C_18	100% - 100 m ²	⊗ Soil Flushing	339,61 / 533,36	33.961,00 / 53.336,00
C_24	50 m ²	(**) Soil Flushing	111,00 / 163,50	5.550,00 / 8.150,00

Legenda: "Soil Flushing" - Lavagem de solo;
 escavação, remoção, transporte e deposição de solo contaminado e lavagem solo;
 ** Lavagem solo (partimento).
 - Preço mínimo - € 339,61 / Preço máximo - € 533,36
 - Preço mínimo - € 111,00 / Preço máximo - € 163,50

19

c. Nível de risco associado a cada cenário;

1 - Preço/Custo mínimo

Cenário	Probabilidade	Valor (€)	R=P*V
C_5	---	---	---
C_8	0,000128	560.356,50	7.172
C_10	0,000512	140.089,12	7.172
C_12	0,000032	560.356,50	1.793
C_16	0,000512	16.980,50	8.693
C_18	0,000032	33.961,00	1.086
C_24	0,000027	5.550,00	14

2 - Preço/Custo máximo

Cenário	Probabilidade	Valor (€)	R=P*V
C_5	---	---	---
C_8	0,000128	880.044,00	11.264
C_10	0,000512	220.011,00	11.264
C_12	0,000032	880.044,00	2.816
C_16	0,000512	26.668,00	1.365
C_18	0,000032	53.336,00	1.706
C_24	0,000027	8.150,00	22

20

d. Determinação dos cenários que agrupam 95% do risco total estimativa monetária ;

1 - Preço/Custo mínimo

Cenário	Prob.	Valor (€)	R=P*V	% Risco total	% Acumulado
C_5	---	---	---	---	---
C_24	0,000027	5.550,00	14	0,053	0,053
C_18	0,000032	33.961,00	1.086	4,188	4,241
C_16	0,000512	16.980,50	8.693	33,324	37,765
C_12	0,000032	560.356,50	1.793	6,914	44,679
C_10	0,000512	140.089,12	7.172	27,659	72,338
C_8	0,000128	560.356,50	7.172	27,659	99,997
Total	0,0012187	1.817.293,62	25.930	100	100

2 - Preço/Custo máximo

Cenário	Prob.	Valor (€)	R=P*V	% Risco total	% Acumulado
C_5	---	---	---	---	---
C_24	0,000027	8.150,00	22	0,077	0,077
C_18	0,000032	53.336,00	1.706	5,999	6,076
C_16	0,000512	26.668,00	1.365	4,800	10,876
C_12	0,000032	880.044,00	2.816	9,902	20,778
C_10	0,000512	220.011,00	11.264	39,610	60,388
C_8	0,000128	880.044,00	11.264	39,610	99,998
Total	0,0012187	2.068.253,00	28.437	100	100

21

e. A proposta de cobertura de garantia financeira de Responsabilidade Ambiental.

... Exercício de determinação da garantia financeira

- Garantia Financeira de Responsabilidade Ambiental a contratualizar neste caso de estudo seria de:

1 - Preço/Custo mínimo -€ 560.356,50

2 - Preço/Custo máximo -€ 880.044,00

O operador pode acrescentar a este valor da cobertura de garantia financeira, sem carácter obrigatório, os custos de prevenção, mitigação do dano - **as medidas de controlo e prevenção representam 10% do valor da reparação primária***.

* de acordo com o Real Decreto 2090/2008, de 22 de Dezembro.

22

- O valor total da Garantia Financeira (GF) de Responsabilidade Ambiental seria:

1 - Preço/Custo mínimo

-€ 560.356,50 * 0,10 = € 56.035,65

Total de GF/RA = € 560.356,50 + € 56.035,65 = **€ 616.392,15**

+

FIA* – 1% / sobre € 616.392,15 € * 0,01

FIA = **€ 6.163,92**

* Fundo de Intervenção Ambiental – “Sobre as garantias financeiras, obrigatórias ou não, constituídas para assumir a responsabilidade ambiental inerente a uma actividade ocupacional incide uma taxa, no montante máximo de 1 % do respectivo valor, destinada a financiar a compensação dos custos da intervenção pública de prevenção e reparação dos danos ambientais prevista no presente decreto -lei, a liquidar pelas entidades seguradoras, bancárias e financeiras que nelas intervenham” (artigo 23º DL RA).

23

2 - Preço/Custo máximo

-€ 880.044,00 * 0,10 = € 88.004,00

Total de GF/RA = € 880.044,00 + € 88.004,00 = **€ 968.048,00**

+

FIA – 1% / sobre € 968.048,00 € * 0,01

FIA = **€ 9.680,48**

contudo é de ressaltar que são apenas medidas de reparação primária e não estão contabilizadas medidas de reparação complementar ou compensatória.

Assim como, não estão contabilizados:

- Os custos da Consultoria; - administrativos; - jurídicos; - de execução; - de recolha dados; - de acompanhamento e de supervisão e; - outros custos gerais (eventual monitorização) (Artigo 11.º DL RA).

24

Este valor de garantia deve ser visto com alguma cautela – só para demonstrar a aplicação valor aproximado que deve ser utilizado para reflexão do utilizador.

FIM

25