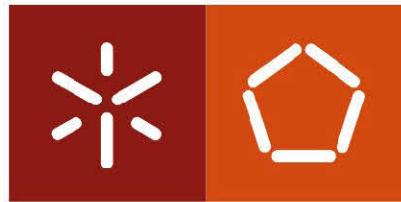


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Marta Daniela Oliveira Rodrigues

**Avaliação e gestão de riscos
em aterros sanitários**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Marta Daniela Oliveira Rodrigues

**Avaliação e gestão de riscos
em aterros sanitários**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Manuel Pereira Vieira, pela apostila do um novo tema para dissertação e pela orientação dada.

À BRAVAL, especificamente ao Dr. Pedro Machado, pelo acolhimento e disponibilidade para o conhecimento de todo o funcionamento do aterro sanitário de Braga, e responder às minhas questões.

Aos meus pais, Albino Rodrigues e Maria Sameiro Oliveira Rodrigues, pelo apoio dado ao longo destes anos.

Ao meu tio Orlando Miguel Rodrigues por nunca ter deixado de acreditar que era capaz, e a todos os outros meus tios e avós que me acompanharam em todo o percurso.

Ao meu namorado, Jorge Miguel Araújo, por todas as horas ao meu lado e por toda a paciência que me disponibilizou.

Às amigas que fiz ao longo do curso e que guardarei no coração para o resto da vida, Mariana Azevedo, Susana Macedo, Andreia Torres, Véronique Ramos, Daniela Sousa, Andresa Gomes e Raquel Rocha.

Às proprietárias, Maria Rosa e Natália Gonzalez, do café Dona Chávena, pelas horas de apoio ao meu estudo e amizade dada nesta fase da minha vida.

RESUMO

Um aterro sanitário é uma obra de engenharia, selecionada para o depósito de resíduos sólidos com o fundamento de lhes dar um fim. Para que tal seja possível o desenvolvimento de um aterro sanitário deverá basear-se num documento que identifique e dê prioridade a riscos prováveis que possam acontecer, desde a produção dos resíduos até ao seu tratamento em aterro. Esse documento trata-se de um plano de segurança para aterros sanitários, que será estruturado de forma organizada, identificando e explorando três etapas fundamentais, a Avaliação do sistema, a Monitorização operacional e Planos de gestão. Para a avaliação do sistema foram procurados vários perigos que pudessem vir a existir ao longo de todo o processo envolvente de um aterro sanitário. Esses perigos rondam desde a recolha, o transporte, o depósito e o tratamento dos resíduos. A cada perigo transporta-se riscos, onde depois no plano de segurança foram caracterizados e avaliados, tendo em conta prioridades. Foi criada uma matriz de classificação de riscos dando-se o cruzamento entre a Escala de Probabilidade de Ocorrência com a Escala de Severidade das Consequências, acabando por ser possível estabelecer a avaliação qualitativa da matriz anterior através de uma Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos. Foram estabelecidos Pontos de Controlo Críticos e medidas de controlo para cada fase do sistema. Foram criados exemplos de gestão de rotina, para estabelecer planos de revisão do plano de segurança imposto, de forma a o validar e verificar. Com o desenvolvimento desta dissertação contribui-se para a implementação desse plano de segurança para aterros sanitários.

Palavras-chave: aterro sanitário; resíduos; ambiente; lixiviados; poluição; perigos; riscos; planos de segurança; avaliação do sistema; monitorização operacional; planos de gestão.

ABSTRACT

A landfill is an engineer piece of work selected for the treatment of solid waste with the purpose of giving them an end. For such to be possible the development of the landfill should be based on a document that identifies and gives priority to the possible risks that could happen, since the production of the residues until their treatment on the embankment.

This document is all about a landfill safety plan that should follow an organized structure, identifying and exploring three fundamental phases which are the system evaluation, management plan and operational monitoring. For the system evaluation, there was a research about several possible hazards that could take place throughout the process on a landfill. These hazards can go since its collection, transport, deposit and waste treatment. Each hazard involves risks which will be evaluated and characterized in the landfill safety plan taking into account its priorities. A risk taking matrix was created involving the crossing between the scale of probability of occurrence and the scale of severity of consequences, making it possible to have a qualitative evaluation of the previous matrix throughout a qualitative prioritization risks matrix. It was established critical control points and control measures for each phase of the system. Examples of routine management were created to establish revision plans of the actual safety plan in order to give validation and verification to the same.

With the development of thesis its being given a contribution for the implementation of this landfill safety plan.

Keywords: landfill; waste; environment; leachate; pollution; hazards; risks; security plans; evaluation of the system; operational monitoring; management plans.

ABREVIATURAS

PSAS – Plano de segurança para aterros sanitários

PERSU – Plano estratégico de resíduos sólidos urbanos

PC – Pontos de controlo

PCC – Pontos de controlo críticos

DL – Decretos de lei

ETAR – Estação de tratamento de água residual

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS -----	i
RESUMO -----	iii
ABSTRACT-----	v
ABREVIATURAS -----	vii
1. INTRODUÇÃO -----	1
1.1. Relevância do tema -----	1
1.2. Objetivos do trabalho -----	1
1.3. Organização da dissertação -----	2
2. Resíduos sólidos urbanos, aspectos técnicos -----	3
2.1. Recolha dos resíduos -----	3
2.2. Transporte e descarga dos resíduos -----	4
2.3. Destino final dos resíduos em aterro sanitário -----	5
2.4. Reações e processos básicos num aterro-----	8
2.5. Composição e produção de lixiviados-----	9
2.6. População microbiológica no aterro -----	11
2.7. Sistema de impermeabilização -----	12
2.8. Sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais e lixiviantes -----	14
2.9. Tratamento de águas lixiviantes -----	14
3. ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA-----	17
3.1. Esquema conceptual -----	17
3.2. Etapas preliminares -----	20
3.2.1. Constituição da equipa -----	20
3.2.2. Descrição do sistema de recolha e depósito -----	20
3.2.3. Constituição e validação do diagrama de fluxo-----	20
3.3. Avaliação do sistema -----	21
3.3.1. Reconhecimento de perigos-----	21

3.3.2.	Identificação de perigos na recolha -----	22
3.3.3.	Identificação de perigos no transporte -----	24
3.3.4.	Identificação de perigos na descarga -----	25
3.3.5.	Identificação de perigos no aterro sanitário-----	25
3.3.6.	Caracterização de riscos -----	26
3.3.7.	Priorização de risco -----	27
3.3.8.	Definição de PCC -----	29
3.3.9.	Identificação e avaliação de medidas de controlo-----	30
3.3.10.	Identificação de medidas de controlo na recolha, transporte, descarga e no aterro sanitário -----	31
3.4.	Monitorização operacional -----	35
3.4.1.	Estabelecimento de procedimentos de monitorização e ações corretivas-----	36
3.5.	Planos de gestão-----	37
3.5.1.	Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina, para a gestão em condições excepcionais e estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação-----	37
3.6.	Validação e verificação do PSAS -----	39
3.6.1.	Avaliação do funcionamento de PSAS -----	39
4.	GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO -----	41
4.1.	Etapas preliminares -----	41
4.1.1.	Constituição da equipa -----	41
4.1.2.	Descrição do sistema -----	42
4.1.3.	Construção e validação do diagrama de fluxo -----	43
4.2.	Avaliação do sistema -----	43
4.2.1.	Identificação de perigos-----	45
4.2.2.	Caracterização de riscos -----	45
4.2.3.	Identificação e avaliação de medidas de controlo-----	45
4.2.4.	Avaliação do sistema, Recolha-----	45

4.2.5. Avaliação do sistema, Transporte -----	48
4.2.6. Avaliação do sistema, Descarga -----	53
4.2.7. Avaliação do sistema, Aterro sanitário -----	56
4.3. Monitorização operacional -----	70
4.3.1. Estabelecimento de procedimentos de monitorização -----	70
4.3.2. Estabelecimento de ações corretivas -----	70
4.4. Planos de gestão-----	72
4.4.1. Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina -----	72
4.4.2. Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais-----	80
4.4.3. Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação -----	82
4.5. Validação e verificação do PSAS -----	82
5. Conclusões -----	85
5.1. Conclusões -----	85
5.2. Sugestões para trabalhos futuros-----	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Exemplo de lixo comum pronto para recolha porta-a-porta -----	3
Figura 2.2. Exemplo de lixo comum pronto para recolha seletiva -----	4
Figura 2.3. Exemplo de transporte de resíduos -----	4
Figura 2.4. Exemplo de descarga de resíduos em aterro sanitário -----	5
Figura 2.5. Entradas e saídas num aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	6
Figura 2.6. Constituição de um aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	7
Figura 2.7. Diferentes fases de estabilização de um aterro sanitário (adaptado de Oliveira, Mendes e Lapa,2009). -----	8
Figura 2.8. Balanço hídrico num aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	10
Figura 2.9. Tipos de sistemas de impermeabilização (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	13
Figura 2.10. Sistema de drenagem das águas lixiviantes (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	13
Figura 3.1. Processo de recolha e depósito em aterro -----	17
Figura 3.2. Fluxograma para elaboração e aplicação de um plano de segurança em aterros sanitários (adaptado de Vieira e Morais, 2005)-----	19
Figura 3.3. Exemplo de Árvore de decisão para definição de PCC (adaptado de Vieira e Morais (2005)).-----	30
Figura 4.1. Exemplo de diagrama de fluxo.-----	43
Figura 4.2. Exemplo de esquema de barreiras múltiplas para identificação de perigos -----	44
Figura 4.3. Exemplo de <i>check-list</i> para verificação e validação do PSAS (adaptado de Vieira e Morais, 2005).-----	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Vantagens e Desvantagens dos aterros sanitários (Martinho e Gonçalves, 2000)---	6
Tabela 2.2. Fases de estabilização de um aterro sanitário (adaptado de Oliveira, Mendes e Lapa, 2009)-----	8
Tabela 2.3. Composição típica das águas lixiviantes (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	11
Tabela 2.4. Vantagens e desvantagens da recirculação de lixiviados (Martinho e Gonçalves, 2000)-----	15
Tabela 3.1. Esquema conceptual a adotar no desenvolvimento do plano de segurança (adaptado de Vieira e Morais, 2005)-----	18
Tabela 3.2. Exemplos de eventos perigosos e relação com o meio afetado. -----	22
Tabela 3.3. Exemplos de eventos perigosos na recolha. -----	23
Tabela 3.4. Exemplos de eventos perigosos associados ao transporte -----	24
Tabela 3.5. Exemplos de eventos perigosos na descarga. -----	25
Tabela 3.6. Exemplos de eventos perigosos associados ao aterro sanitário. -----	26
Tabela 3.7. Exemplo de Escala de Probabilidade de Ocorrência (adaptado de WHO, 2004).---	27
Tabela 3.8. Exemplo de Escala de Severidade de Consequência (adaptado de WHO, 2004).---	28
Tabela 3.9. Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos. (adaptado de WHO, 2004). -----	28
Tabela 3.10 - Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos. (adaptado de WHO, 2004). -----	29
Tabela 3.11. Exemplo de medidas de controlo associados a cada ponto de análise. -----	32
Tabela 4.1. Exemplos de eventos excepcionais (adaptado de Vieira e Morais, 2005) -----	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4.1. Exemplo de quadro de constituição da equipa.	42
Quadro 4.2. Exemplo de quadro para descrição do sistema.	42
Quadro 4.3. Esquema de quadro para avaliação do subsistema: Recolha.	47
Quadro 4.4. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte Direto.	49
Quadro 4.5. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte com pré-depósito-PCC3.	51
Quadro 4.6. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte com pré-depósito-PCC4.	52
Quadro 4.7. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Descarga-Aterro em exploração - PCC5.	54
Quadro 4.8. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Descarga-Aterro em exploração - PCC6.	55
Quadro 4.9. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC7.	57
Quadro 4.10. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC8.	58
Quadro 4.11. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC9.	59
Quadro 4.12. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de lixiviados – PCC10.	61
Quadro 4.13. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de lixiviados – PCC11.	62
Quadro 4.14. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de lixiviados – PCC12.	63
Quadro 4.15. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Vetores transmissores de doenças – PCC13.	65
Quadro 4.16. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Vetores transmissores de doenças – PCC14.	66
Quadro 4.17. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Aspetos construtivos – PCC15.	68
Quadro 4.18. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Aspetos construtivos – PCC16.	69
Quadro 4.19. Exemplo de esquema de quadro para monitorização operacional, tratamento dos resíduos - compactação.	71

Quadro 4.20. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Recolha.	-----	73
Quadro 4.21. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Transporte T1 – Transporte por camiões.	-----	74
Quadro 4.22. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Descarga- A meio da capacidade.	-----	75
Quadro 4.23. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Descarga- No limite da capacidade.	-----	76
Quadro 4.24. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Compactação	77	
Quadro 4.25. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Montagem	---	78
Quadro 4.26. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Cobertura	-----	79
Quadro 4.27. Exemplos de conteúdos de um Plano de Contingência (adaptado de Vieira e Morais, 2005)	-----	81

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema

A cada dia que passa o aumento de resíduos tem sido uma das causas mais preocupantes no nosso país e pelo mundo inteiro. Resíduo ou lixo é qualquer material considerado inútil, supérfluo ou sem valor, gerado pela atividade humana, indesejado e descartado no meio ambiente. Os resíduos sólidos gerados nos centros urbanos podem conter resíduos domésticos e comerciais, como também resíduos industriais, contribuindo para uma mistura complexa de diferentes substâncias, algumas delas mesmo perigosas para a saúde.

Durante décadas as soluções para o depósito desses resíduos consistia no simples despejo ao longo de encostas, bermas, depressões naturais ou artificiais, sendo regularmente queimados para redução de volume e contribuição para o seu desaparecimento, mas, a necessidade de controlar e utilizar tecnologias que minimizassem os impactos ambientais e os possíveis riscos à saúde humana, obrigou à criação de aterros sanitários.

Esses aterros sanitários passaram a desempenhar um papel importante no acondicionamento dos resíduos, para dar resposta às necessidades de proteção da qualidade do solo, do meio hídrico e da atmosfera, pois os resíduos acabam por ser fontes de compostos orgânicos, voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros.

Para que a qualidade do solo, do meio hídrico e a qualidade da atmosfera seja fonte de proteção para a saúde pública e ambiente, um aterro sanitário deve seguir uma gestão organizada. Essa gestão passa pela existência um documento que identifique e dê prioridade a riscos que possam vir a acontecer, quer na fase de tratamento dos resíduos já em aterro como, um pouco antes na recolha dos mesmos, então esse documento passa por ser um Plano de Segurança.

1.2. Objetivos do trabalho

Este trabalho consiste no projeto de investigação sobre riscos e medidas de controlo de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, faz referência a riscos prioritários bem como às políticas de mitigação e minimização desses riscos. Que irá dar o seu contributo para o desenvolvido do plano de segurança em aterros sanitários.

1.3. Organização da dissertação

A organização desta dissertação passa pela divisão da mesma por 5 capítulos, que seguidamente são descritos.

No Capítulo 1 é enquadrado o tema em estudo, destacando-se a sua importância e atualidade. Expõem-se ainda neste capítulo os objetivos gerais e específicos para a presente dissertação.

No capítulo 2 é apresentada uma síntese da pesquisa bibliográfica efetuada, onde são descritas as fases que envolvem a vida dos resíduos, desde a sua exposição para recolha até ao seu tratamento.

No capítulo 3 inicia-se a descrição do objetivo desta dissertação, é formulado o plano de segurança para aterros sanitários, e através das etapas do fluxograma são descritas e organizadas todas as etapas relativas ao percurso que os resíduos fazem até serem eliminados, são reconhecidos eventuais perigos e caracterizados riscos associados a esses perigos.

No capítulo 4 são apresentados exemplos de aplicação do plano de segurança.

O capítulo 5 destina-se à apresentação das conclusões deste trabalho e apresentação de sugestões para trabalhos futuros.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, ASPETOS TÉCNICOS

2.1. Recolha dos resíduos

A recolha de resíduos é o termo usado para a colheita dos materiais que o ser humano rejeita. Esta recolha está a cargo das câmaras municipais ou de outras identidades que se responsabilizem pelo tratamento dos resíduos e seu fim.

Nos dias de hoje e cada vez mais os resíduos são e deverão ser vistos não só como lixo indesejado, mas também, como recursos de certo valor e aprovados para reciclagem.

Então a recolha dos resíduos pode ser dividida em duas vertentes, uma de recolha de lixo comum (figura 2.1), aquele que é recolhido porta a porta, e outra como recolha seletiva (figura 2.2), que é a recolha dos pontos de reciclagem existente no nosso país.

O lixo comum é todo aquele que passa a ser encaminhado para o aterro sanitário, sendo objeto de estudo para o desenvolvimento da presente dissertação, pois a elaboração do plano de segurança num aterro sanitário tem início onde começa a acumulação dos próprios resíduos.



Figura 2.1. Exemplo de lixo comum pronto para recolha porta-a-porta



Figura 2.2. Exemplo de lixo comum pronto para recolha seletiva

2.2. Transporte e descarga dos resíduos

O transporte dos resíduos (figura 2.3) deve ser feito por uma identidade especializada e que é integrada no plano de segurança para aterros sanitários. Esta integração deve-se ao facto de que, ainda no transporte, a probabilidade de existência de perigos para a saúde pública e ambiente estejam presentes.

O transporte deve ser feito por camiões com sistema de selagem, ou seja, camiões fechados, para que todas as escorrências, odores, entre outros não estejam à mercê do ambiente nem da população. Esses camiões devem também conter mecanismos de compactação e mecanismos de apoio a descargas automáticas (figura 2.4), contribuindo assim para que o volume recolhido seja reduzido, e na hora de efetuar descarga não seja necessário o contacto manual com os resíduos.



Figura 2.3. Exemplo de transporte de resíduos



Figura 2.4. Exemplo de descarga de resíduos em aterro sanitário

2.3. Destino final dos resíduos em aterro sanitário

Um aterro sanitário é uma obra de engenharia, selecionada para o depósito de resíduos sólidos com o fundamento de lhes dar um fim. Para que tal seja possível, um aterro deverá ser desenhado/projetado e gerido de forma a serem cumpridos os seguintes objetivos (Martinho e Gonçalves, 2000):

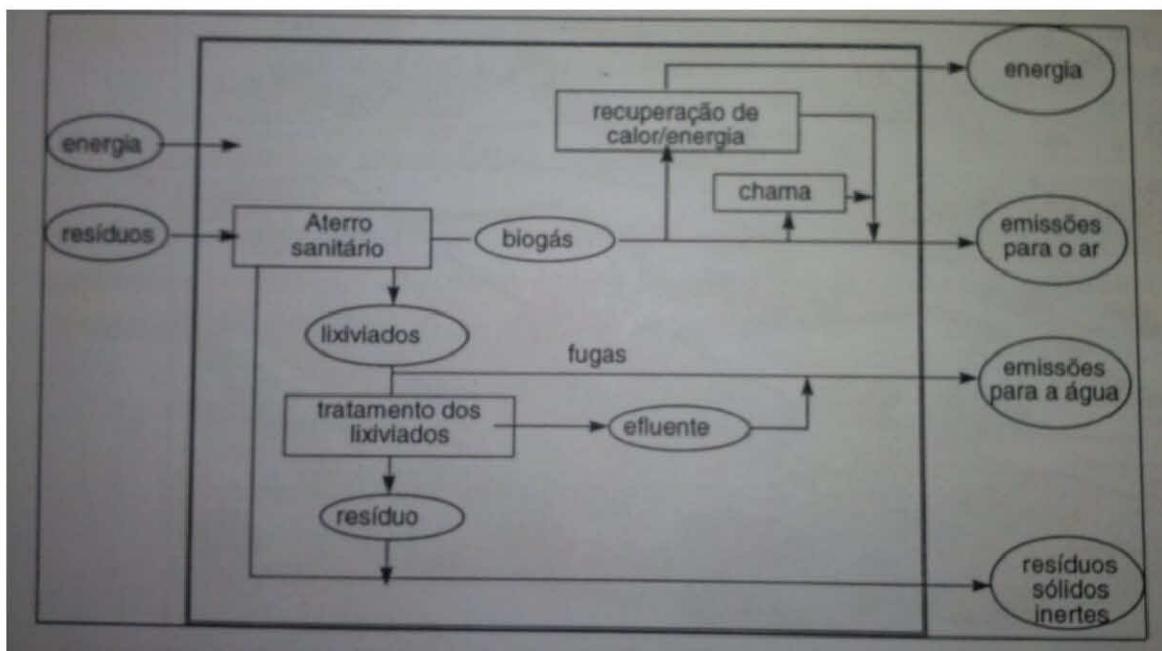
- Redução, a níveis mínimos, dos incómodos e dos riscos para a saúde pública (trabalhadores e população residente na zona envolvente), provocados por cheiros, fogos, tráfego, ruído, vetores de doença, estética, entre outros;
- Minimização dos problemas de poluição (da água, do ar, do solo e da paisagem);
- Utilização completa do terreno disponível, através duma boa compactação e cobertura;
- Gestão do empreendimento orientada para a futura utilização do local;
- Redução dos níveis de percepção de risco.

A deposição dos resíduos urbanos em aterro acaba por ter uma série de vantagens que, por sua vez, acarretam ideias contraditórias formulando algumas desvantagens.

Tabela 2.1. Vantagens e Desvantagens dos aterros sanitários (Martinho e Gonçalves, 2000):

Vantagens	Desvantagens)
<ul style="list-style-type: none"> • Possível via para a recuperação de áreas degradadas (e.g. pedreiras); • Processo de mais baixo custo (situação que se poderá inverter a curto prazo face às novas exigências legislativas e à possibilidade de implementação de taxas de deposição em aterro); • Flexibilidade de operação; • Não requer um número elevado de pessoal especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Longa imobilização dos terrenos; • Necessidade de grandes áreas; • Necessidade de material de cobertura; • Pode inibir as políticas de redução; • Dependência das condições climáticas; • Problemas de localização; • Oposição pública (síndrome NIMBY - Not In My Back Yard).

O acolhimento desses resíduos urbanos nos aterros é encarado como o método mais simples e económico, porém atualmente, devido ao aumento do custo dos terrenos e à existência de normas regulamentares e técnicas restritivas, entre outros, um aterro sanitário passa a ser considerado como um local de transformação, aonde nesse processo de transformação, resultam resíduos estabilizados, gases (biogás) e outros produtos aquosos (águas lixiviadoras), tal como se pode observar na figura 2.5.

**Figura 2.5.** Entradas e saídas num aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)

De um modo geral, através da figura 2.6, é possível apresentar a constituição de um aterro sanitário especificando os vários elementos e fases de operação, selagem e pós-encerramento de um aterro sanitário.

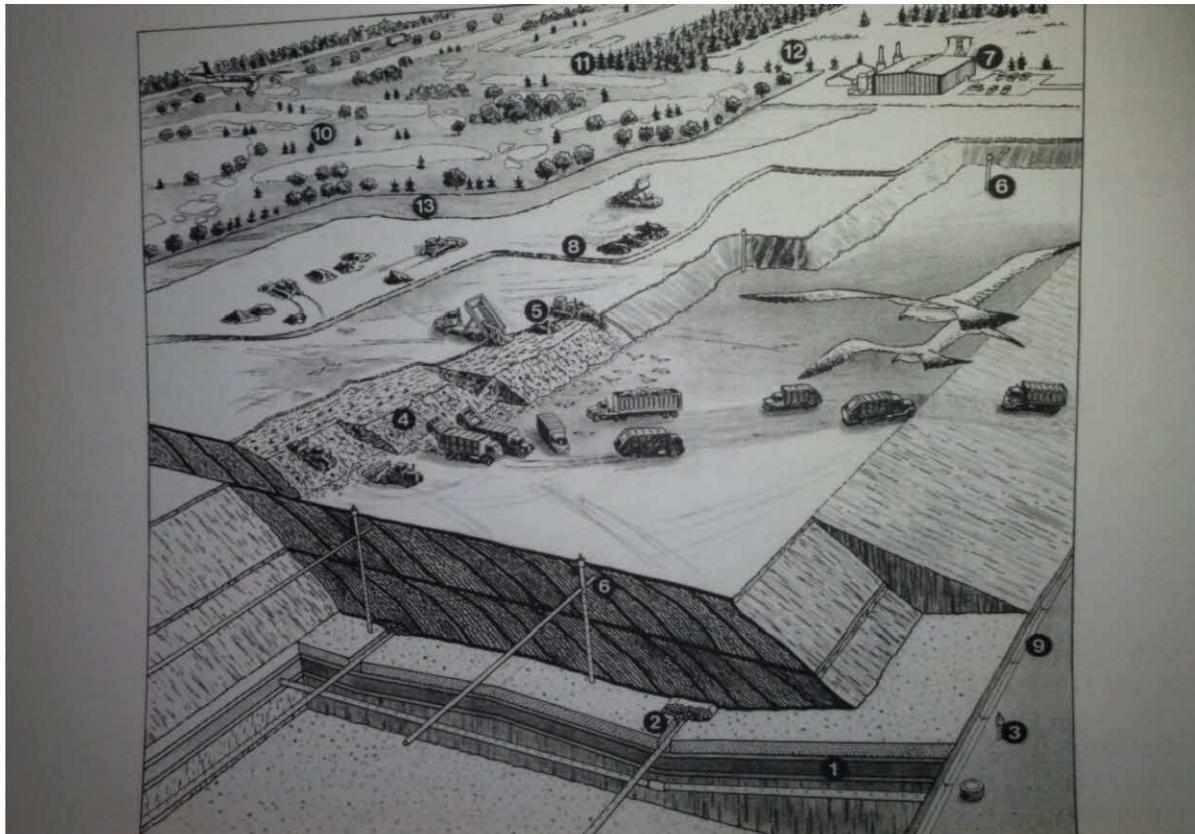


Figura 2.6. Constituição de um aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)

Em que:

- 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 do biogás; 7- unidade de conversão do biogás em eletricidade; 8- cobertura final; 9- valetas para recolha de águas pluviais; 10,11,12- terrenos vizinhos para várias atividades; 13- utilizações finais após encerramento de um aterro sanitário.

2.4. Reações e processos básicos num aterro

A decomposição dos resíduos orgânicos num aterro sanitário realiza-se através de processos aeróbios e anaeróbios. Como qualquer processo anaeróbio antecede-se o processo aeróbio, e no caso de aterros, este efetua-se numa duração relativamente curta. Posteriormente, a decomposição dos resíduos progride sequencialmente, de tal forma que essas alterações se refletem nas águas lixiviantes e no gás produzido. Essas alterações são classificadas em cinco fases de estabilização distintas (tabela 2.2), representadas esquematicamente na figura 2.7.

Tabela 2.2. Fases de estabilização de um aterro sanitário (adaptado de Oliveira, Mendes e Lapa, 2009)

FASES DE ESTABILIZAÇÃO
<i>Fase I – Decomposição aeróbia</i>
<i>Fase II – Decomposição acetogénica</i>
<i>Fase III – Decomposição metanogénica intermédia</i>
<i>Fase IV – Decomposição metanogénica estável</i>
<i>Fase V – Fase de maturação</i>

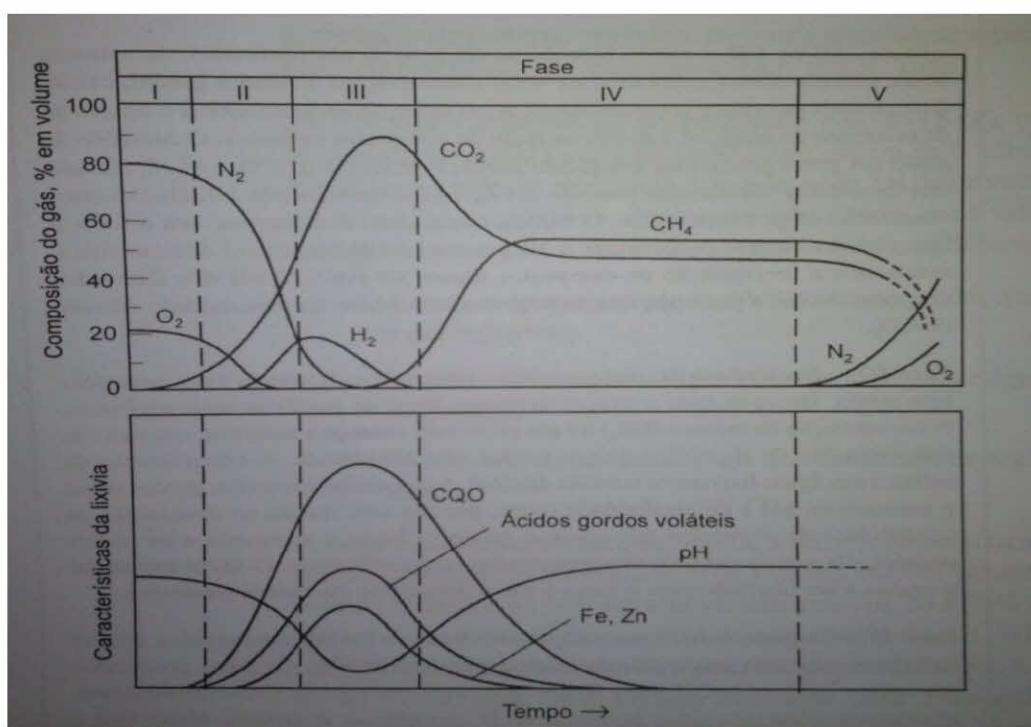


Figura 2.7. Diferentes fases de estabilização de um aterro sanitário (adaptado de Oliveira, Mendes e Lapa, 2009).

A decomposição completa desses resíduos num aterro pode durar muitos anos, incluindo resíduos mas facilmente biodegradáveis.

2.5. Composição e produção de lixiviados

Os principais fatores que acondicionam a produção de águas lixiviantes num aterro sanitário são (Martinho e Gonçalves, 2000):

- Tipo de águas: precipitação, presença de águas superficiais, eventual recirculação de águas lixiviantes;
- Características da cobertura: tipo de solo e vegetação, presença de material impermeável, inclinação do terreno e outras características topográficas;
- Características dos resíduos depositados: densidade, teor em humidade, compactação;
- Método de impermeabilização: natural ou artificial, características do solo.

A percolação da água pelo aterro (figura 2.8) dá-se, basicamente, pela cobertura superficial e pela massa de resíduos. Quando relacionada com a massa de resíduos, fatores como a humidade e a capacidade de campo, assumem uma importância fundamental e irão influenciar diretamente a qualidade e o tempo de aparecimento das águas lixiviantes. A água percola através dos resíduos é absorvida pelos mesmos até que o limite da capacidade de absorção seja atingido (Martinho e Gonçalves, 2000).

Os mecanismos de controlo da retenção ou armazenamento de água na massa de resíduo são:

- Absorção física da água nessa massa através de capilaridade;
- Absorção aparente da água em vazios na massa de resíduos, resultando áreas de saturação localizadas.

Segundo Martinho e Gonçalves (2000), estes mecanismos podem ser divididos em três categorias: hidrólise dos resíduos e degradação biológica; solubilização de sais contidos nos resíduos; transporte de material particulado.

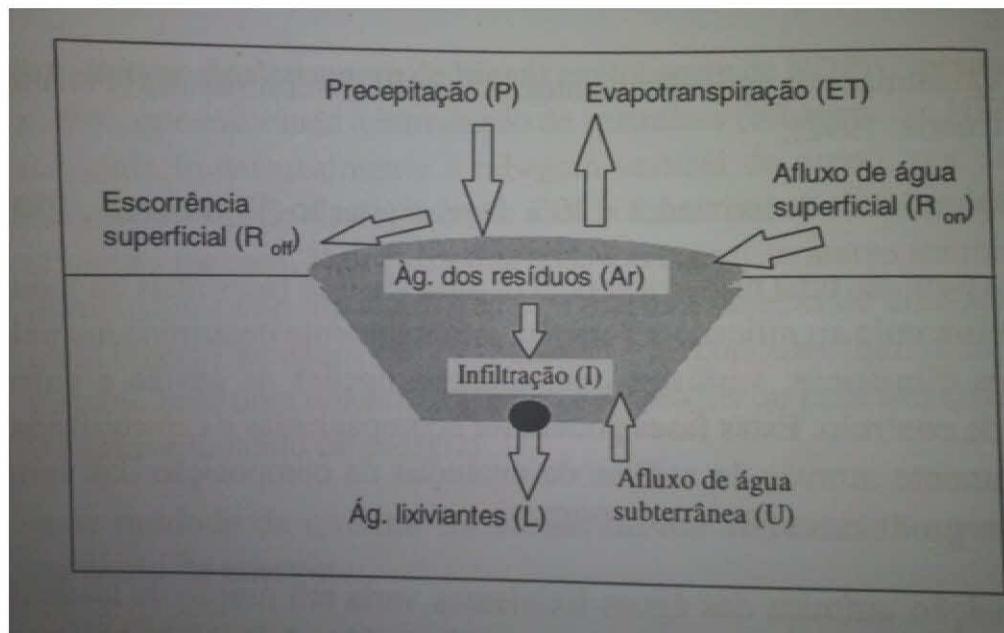


Figura 2.8. Balanço hídrico num aterro sanitário (Martinho e Gonçalves, 2000)

Num aterro sanitário, bem projetado, a escorrência superficial e o fluxo de águas subterrâneas, podem ser evitados ou controlados pela construção de valas de drenagem, pelo tipo de cobertura do solo e pela impermeabilização do fundo e dos taludes.

Para a estimativa da quantidade de águas lixiviantes é importante o conhecimento dos valores das precipitações médias anuais, da transpiração potencial e do coeficiente de escoamento superficial.

Os aterros sanitários, de uma maneira geral, passam por uma série de fases mais ou menos previsíveis e cujo significado e duração são largamente determinados pelas condições climáticas, variáveis operacionais, opções de gestão e outros fatores de controlo. Fases, estas que podem ser acompanhadas e caracterizadas, através de análise da evolução da composição das águas lixiviantes produzidas.

A composição química das águas lixiviantes varia em função da idade do aterro e das fases de decomposição dos resíduos. De seguida é apresentada na tabela 2.3 a composição típica das águas lixiviantes de aterros jovens e aterros maduros, para que seja possível realçar que a composição destas águas varia.

Tabela 2.3. Composição típica das águas lixiviantes (Martinho e Gonçalves, 2000)

Componente	Valor (mg/l) *		
	Aterros jovens (< 2anos)		Aterros maduros
	Extremos	Típicos	(> 10 anos)
CBO ₅	2 000-30 000	10 000	100-200
COT	1 500-20 000	6 000	80-160
CQO	3 000-60 000	18 000	100-500
Sólidos totais suspensos	200-2 000	500	100-400
Azoto orgânico	10-800	200	80-120
Azoto amoniacal	10-800	200	20-40
Nitratos	5-40	25	5-10
Fósforo total	5-100	30	5-10
Ortofosfatos	4-80	20	4-8
Alcalinidade em CaCO ₃	1 000-10 000	3 000	200-1 000
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Dureza total em CaCO ₃	300-10 000	3 500	200-500
Cálcio	200-3 000	1 000	100-400
Magnésio	50-1 500	250	50-200
Potássio	200-1 000	300	50-400
Sódio	200-2 500	500	100-2000
Cloretos	200-3 000	500	100-400
Sulfatos	50-1 000	300	20-50
Ferro total	50-1 200	60	20-200

*exceto pH

2.6. População microbiológica no aterro

A população microbiana que intervém na biodegradação dos resíduos depositados em aterros, é de caráter distinto consoante a constituição específica dos materiais, como também das condições em que o depósito é feito, isto é, as características desta população dependem da relação e dinâmica dos fluxos de entrada e de saída, das condições climáticas e do tempo de permanência em aterro. Nos aterros, esta população depende igualmente do pré-tratamento a que os resíduos tenham sido submetidos (Oliveira, Mendes e Lapa, 2009).

2.7. Sistema de impermeabilização

O sistema de impermeabilização destas águas dos aterros é importante, pois estas águas transportam consigo produtos em decomposição e substâncias quimicamente ativas; e caso não se encontre devidamente ativa a permeabilização, estas podem atingir um curso de água ou lençol freático e, consequentemente, causar graves problemas de poluição da água e do solo.

A interface da transição entre o terreno natural e os resíduos era inicialmente realizado por materiais naturais, sendo a impermeabilização assegurada pelo solo argiloso compactado e a como sistema de filtração a areia.

Atualmente, tem-se verificado que o uso de geossintéticos como solos naturais é uma solução mais eficaz. Dando origem a sistemas de impermeabilização-drenagem mistos, designados por geocompósitos, os quais são formados simultaneamente por geossintéticos e solos naturais. (Martinho e Gonçalves, 2000)

Em um geocompósito cada material tem uma função específica. Os tipos de geossintéticos mais utilizados num aterro sanitário são:

- Geomembranas: utilizadas para impermeabilização;
- Geotêxtils: utilizados para filtragem, ou como elemento de separação, de drenagem ou proteção das geomembranas;
- Georredes: usadas para drenagem;
- Geogrelhas: usadas especialmente para reforço.

A impermeabilização dos aterros sanitários deve ser garantida por uma «impermeabilização passiva», conferida por uma camada mineral de baixa permeabilidade, colocada imediatamente sobre o subsolo, e por uma «impermeabilização ativa», constituída por uma só geomembrana ou por duas separadas por uma camada drenante (figura 2.9 e 2.10). Para que não haja problemas de punçãoamento na geomembrana, é recomendável a colocação de uma camada de proteção, esta camada pode ser um solo, ou um geossintético ou ambos. Por fim deve ser considerada uma camada de drenagem dos lixiviados, incluindo um filtro de transição, entre o dreno e os resíduos, para evitar colmatação deste.

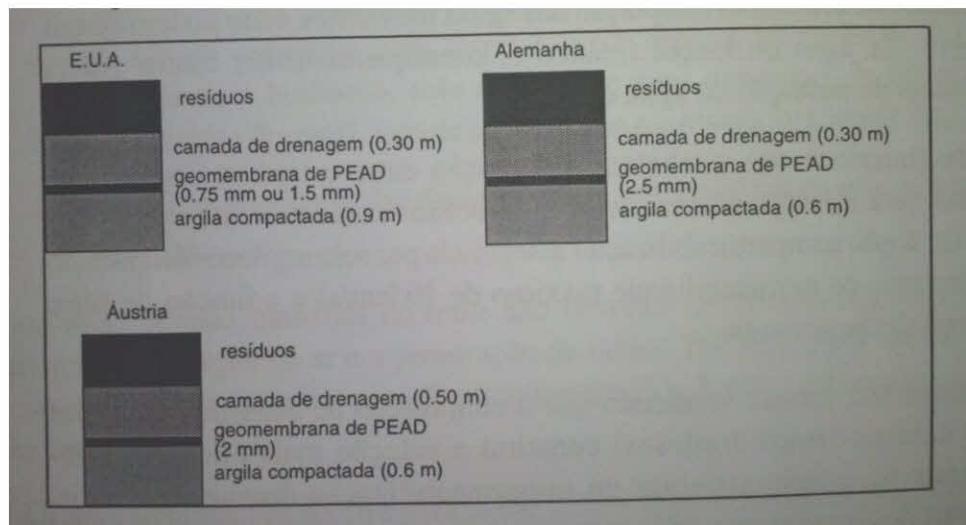


Figura 2.9. Tipos de sistemas de impermeabilização (Martinho e Gonçalves, 2000)

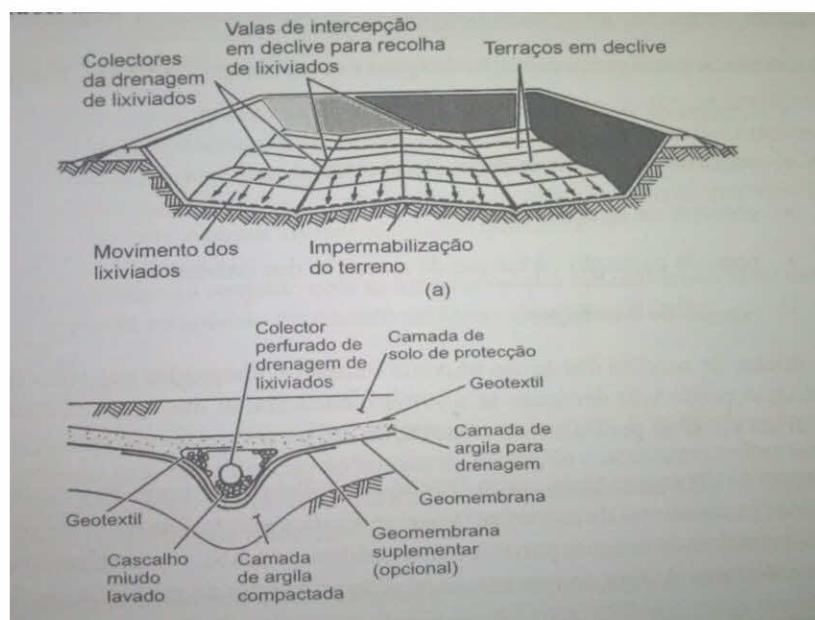


Figura 2.10. Sistema de drenagem das águas lixiviantes (Martinho e Gonçalves, 2000)

Apesar de existirem evidências de danos dos sistemas de impermeabilização, não são detetados concretamente valores específicos. Então segundo (Martinho e Gonçalves, 2000) é proposto que para um aterro sanitário de resíduos urbanos com sistema de recolha e tratamento de lixiviados, para um tempo limite de 30 anos, sejam recolhidos cerca de 70% dos lixiviados e 30% de fugas causadas pelas telas.

2.8. Sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais e lixiviantes

O sistema de drenagem e captação é composto por (Martinho e Gonçalves, 2000):

- Valetas de recolha de águas pluviais;
- Valetas de drenagem de águas lixiviantes;
- Coletor de ligação;
- Poço de captação ou tanque de receção dos lixiviados;
- Estação de bombagem.

No qual, as valetas de recolha de águas pluviais destinam-se a evitar o encaminhamento das águas pluviais das áreas vizinhas para o interior do aterro, e as valetas de drenagem de águas lixiviantes destinam-se à recolha e transporte de todos os líquidos provenientes das escorrências dos resíduos em decomposição e conduzir estas para coletores de ligação que seguidamente conduzirão para tanques de receção onde posteriormente será efetuado o tratamento das mesmas.

2.9. Tratamento de águas lixiviantes

As águas lixiviantes, bem como todas as águas de escorrências que estiveram em contacto com os resíduos, deverão ser captadas e tratadas em conformidade com as normas adequadas exigidas para a sua descarga, essas normas seguem de acordo com a Diretiva relativa à deposição dos resíduos em aterros.

Atualmente, as normas aplicáveis à descarga destas águas no meio hídrico são normas gerais de descarga de águas residuais estabelecidas no DL nº236/98, de 1 de agosto (Anexo XVIII do referido DL), que define valores limites de emissão para diversas substâncias que vir a ter um impacte negativo no ambiente

De entre os principais processos de tratamento de águas lixiviantes, destacam-se os seguintes (Martinho e Gonçalves, 2000):

- Processos de tratamento no local: biológicos (e. g. lagoas arejadas, lamas ativadas, leitos percoladores, biodiscos, lagoas facultativas, lagoas anaeróbias, digestores anaeróbios) e/ou físico-químicos (e. g. coagulação/flocação, precipitação química, adsorção por carvão ativado, osmose inversa, oxidação química);
- Tratamento conjunto com as águas residuais urbanas e/ou industriais, numa estação de tratamento de águas residuais (ETAR);
- Recirculação.

Estas águas são encaminhadas para uma ETAR municipal através da ligação do tanque de receção a uma rede de drenagem de águas residuais.

O efeito que estas águas lixiviantes provocam numa ETAR pode passar por um aumento ligeiro da produção de lamas. Na maioria dos casos há necessidade de implantar um pré-tratamento, incluindo bacias de retenção e regularização, de modo a que seja possível ajustar e otimizar as condições de lançamento destas águas.

No caso de recirculação, as águas são elevadas do tanque de receção e conduzidas para poços de infiltração inseridos na massa dos resíduos. Este processo tem uma série de vantagens e desvantagens que se poderá enunciar na tabela 2.4.

Tabela 2.4. Vantagens e desvantagens da recirculação de lixiviados (Martinho e Gonçalves, 2000)

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o volume de líquido por evaporação à superfície e a carga do lixiviado por tratamento anaeróbio grosseiro dentro do aterro; • Promove um mais rápido desenvolvimento da atividade anaeróbia e fermentação metanogénica; • Favorece a produção de biogás. 	<ul style="list-style-type: none"> • A recirculação de lixiviados não origina lixiviados suficientemente tratados de modo a que possam ser lançados em cursos de água sem tratamento adicional; • A recirculação pode originar desenvolvimento de canais preferências de circulação e zonas de saturação • Não é aconselhada em muitos países.

3. ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA

3.1. Esquema conceptual

Para a gestão de um aterro sanitário parte-se do princípio que deve haver um documento que identifique e dê prioridade a riscos prováveis que possam acontecer, desde a produção dos resíduos até ao seu tratamento em aterro. De seguida apresenta-se na figura 3.1 uma esquematização do processo a ter em conta.

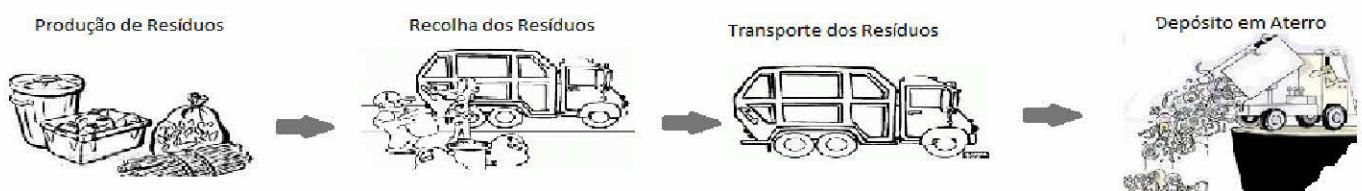


Figura 3.1. Processo de recolha e depósito em aterro

Com vista à elaboração de um plano de segurança, estrutura-se então, de uma forma organizada, um sistema operacional de gestão de um aterro sanitário, onde se poderá identificar três etapas fundamentais:

Avaliação do sistema – processo de análise e avaliação de riscos, compreendendo todo o sistema de recolha, desde a produção dos resíduos até ao depósito em aterro;

Monitorização operacional – identificação e monitorização dos pontos de controlo críticos, de modo a reduzir os riscos identificados;

Planos de gestão – desenvolvimento de esquemas efetivos para a gestão do controlo dos sistemas, assim como, de planos operacionais para atenderem a condições de operação de rotina e excepcionais.

Então para a elaboração de um plano de segurança em aterros apresenta-se na tabela 3.1 um esquema conceptual para a estruturação da informação.

Tabela 3.1. Esquema conceptual a adotar no desenvolvimento do plano de segurança (adaptado de Vieira e Morais, 2005)

Etapa	Objetivo	Informação
Avaliação do sistema	Certificar que um aterro sanitário funcione em pleno, garantindo os objetivos de saúde.	Reconhecimento de perigos Caracterização de riscos Identificação e avaliação de medidas de controlo
Monitorização operacional	Defender o controlo dos riscos detetados e certificar que os objetivos do aterro sejam abrangidos	Estabelecimento de limites críticos, de procedimentos de monitorização e de ações corretivas
Planos de gestão	Garantir que as ações a realizar são bem descritas e documentadas	Estabelecimento de procedimentos para gestão de condições excepcionais e existência de documentação e protocolos de comunicação

Ao qual acresce outras etapas fundamentais para a elaboração do desenvolvimento e aplicação de um plano de segurança em aterros sanitários. Então é apresentado de seguida na figura 3.2, um fluxograma possível para a elaboração e aplicação do plano de segurança em aterros sanitários.

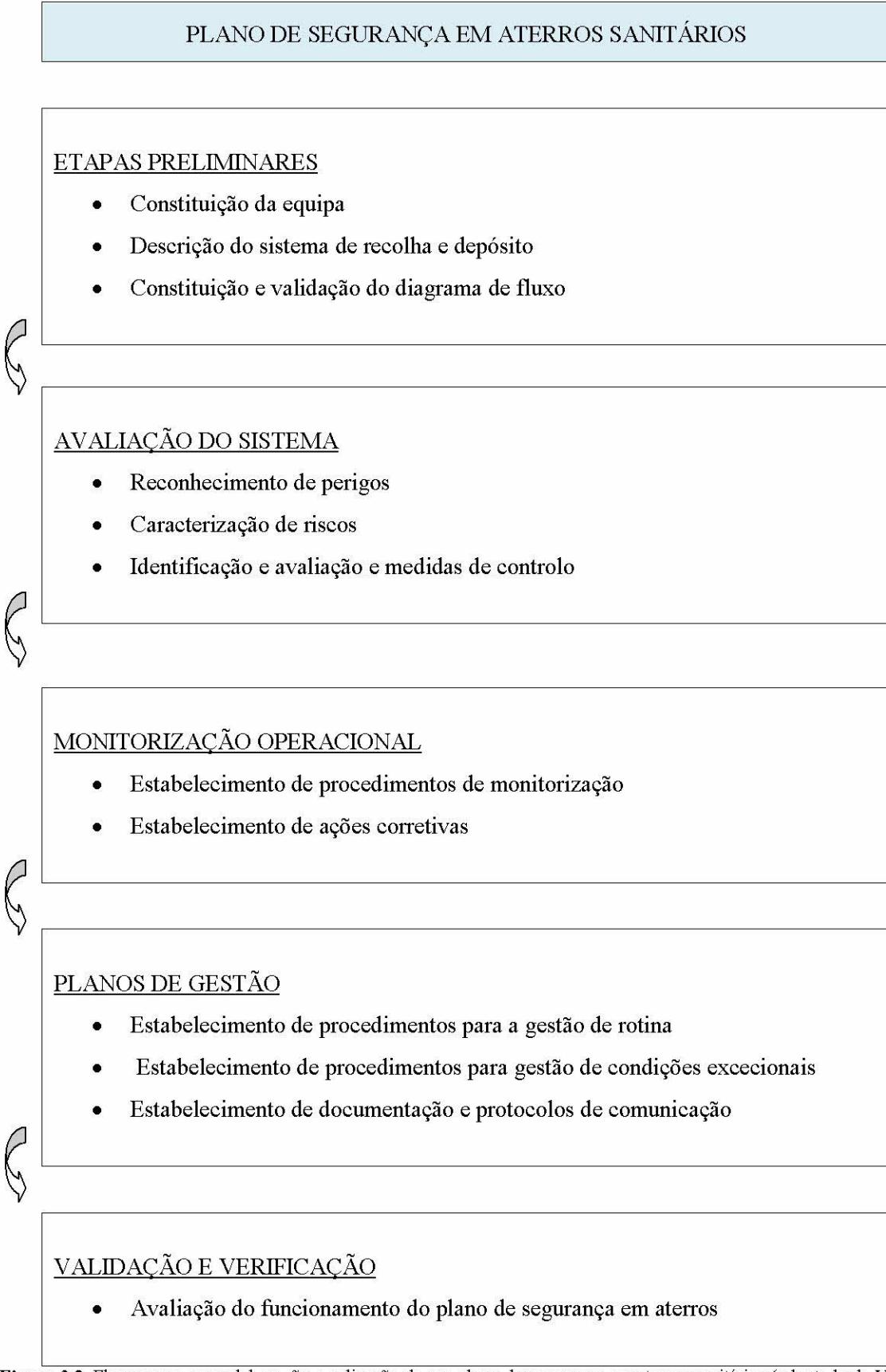


Figura 3.2. Fluxograma para elaboração e aplicação de um plano de segurança em aterros sanitários (adaptado de Vieira e Morais, 2005)

3.2. Etapas preliminares

3.2.1. Constituição da equipa

Na elaboração de um Plano de Segurança para Aterros Sanitários deve-se constituir uma equipa multidisciplinar para que seja compreendido, desenvolvido e verificado a aplicação do PSAS. Nessa equipa deve ser incluído:

- Coordenador responsável;
- Elementos com conhecimento do sistema e com capacidade de previsão;
- Elementos com autoridade para implementar alterações em caso de necessidade;
- Elementos responsáveis sobre análises de impacto;
- Pessoas diretamente envolvidas nas operações diárias do sistema.

3.2.2. Descrição do sistema de recolha e depósito

A atividade de descrição deste sistema de recolha e depósito considera-se como uma forma de enumerar todo o sistema.

Deve incluir:

- Plano geral desde a recolha até ao depósito,
- Esquema do depósito em aterro;
- Descrição do esquema de tratamento;
- Descrição do sistema de drenagem e eliminação dos produtos.

Além de serem todos estes dados importantes na elaboração do PSAS, também deve incluir mais informações, nomeadamente taxas de crescimento populacional, registos de possíveis novos métodos de separação dos resíduos, o que no futuro poderão criar uma alteração no PSAS.

3.2.3. Constituição e validação do diagrama de fluxo

Como o objetivo do diagrama de fluxo do sistema de aterros sanitários (figura 3.2) é fornecer uma visão clara e sequencial de todos os paços entre a recolha e o depósito dos resíduos, este

diagrama acaba por incluir todos os elementos deste processo, para que seja possível identificar os perigos e as fontes de produção.

A validação desse fluxo é realizada através de:

- Verificação da abrangência das etapas consideradas;
- Correção dos elementos constantes no diagrama;
- Confirmação do diagrama através de visita do sistema.

Para que seja possível a avaliação é importante que a representação do sistema seja o mais real possível, de modo a que seja possível a rápida identificação dos perigos.

3.3. Avaliação do sistema

3.3.1. Reconhecimento de perigos

A identificação dos perigos relacionados com um aterro sanitário provém de dados referenciados no diagrama de fluxo e do conhecimento do funcionamento de todo o sistema.

Considera-se todos os perigos associados à deterioração dos resíduos que afetam quer a saúde pública quer o meio ambiente.

Para uma melhor identificação desses perigos adota-se a seguinte metodologia:

- Análise de perigos na recolha, no transporte, na descarga e no aterro sanitário;
 - Em cada etapa do diagrama de fluxo irá tratar-se de:
 - Identificar a fonte de risco;
 - Associar as medidas de controlo a cada perigo.
- Consideração de outros fatores que possam influenciar a ocorrência de perigo, por exemplo:
 - Meteorologia (variações climáticas);
 - Acidentes na estrutura do aterro (na impermeabilização);
 - Acidentes no tratamento dos lixiviados;
 - Higienização diária dos elementos e funcionários;

- Manutenção da rede de drenagem e práticas de proteção.

Sendo assim, relativamente a cada um dos perigos pode-se considerar os seguintes aspectos:

Perigos físicos: geralmente relacionados às características do aterro, tais como disposição, capacidade, localização e clima. Todos estes perigos estão associados ao desempenho que o aterro terá em fase de exploração.

Perigos biológicos: associados á presença de organismos patogénicos, tais como, bactérias e vírus, como fungos patogénicos e parasitas (protozoários, helmintas e nemátodos) que provêm da biodegradação dos resíduos depositados em aterro.

Perigos químicos: geralmente associados á presença de substancias químicas que podem ocorrer naturalmente pela presença de material tóxico, que se encontra misturado com resíduos comuns, ou na fase de tratamento dos lixiviados.

Em resumo do que irá ser abordado em cada fase do sistema, podem fazer-se as relações entre os perigos e o meio que será afetado, tal como consta na tabela 3.2.

Tabela 3.2. Exemplos de eventos perigosos e relação com o meio afetado.

Fase do sistema	Meio afetado
Recolha	Saúde Pública
Transporte	Saúde Pública
Descarga	Saúde Pública e Ambiente
Aterro sanitário	Saúde Pública e Ambiente

3.3.2. Identificação de perigos na recolha

Seguindo o plano estratégico para os resíduos sólidos urbanos (PERSU), que estabelece o encerramento de lixeiras e cria aterros sanitário, foi criado o Decreto de lei onde às operações de gestão de resíduos, foram implantados métodos de redução dos mesmos, com o intuito de minorar recursos nos tratamentos (Decreto-lei 178/2006, de 5 de setembro, Decreto-lei

73/2011, de 7 de junho). Os mesmos Decretos-lei foram geridos consoante características técnicas, administrativas e financeiras necessárias à disposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos.

É essencial que estas atividades se processem de forma ambientalmente correta e por agentes devidamente autorizados ou registados para o efeito, tudo isto, para poder haver um controlo ambiental que corra da melhor forma possível.

A proteção de um aterro sanitário passa, no entanto, por prevenir eventos perigosos que podem afetar o ambiente, e consequentemente o ser humano e toda a espécie animal.

Relativamente aos eventos perigosos que podem ter impacto nas recolhas, estes são de caráter público, devido ao início da decomposição dos resíduos e possíveis derrames de lixiviados, provenientes dos resíduos que ainda não foram recolhidos e que aguardam a recolha para transporte até ao aterro sanitário.

Na recolha, acabam também por existir fontes de perigo para um aterro, que dizem respeito ao tipo de resíduos expostos, como por exemplo pilhas e baterias, que são perigos tóxicos, e que deveriam apenas estar presentes na recolha seletiva, mas a maior parte das vezes são encontrados junto aos resíduos urbanos domésticos.

Em resumo, os eventos perigosos que podem ter impacto na recolha e que merecem consideração, como sendo parte integrante de perigos, são referidos na tabela 3.3.

Tabela 3.3. Exemplos de eventos perigosos na recolha.

Componente do sistema	Evento perigoso
Recolha: porta-a-porta	<ul style="list-style-type: none"> -Derrame de lixiviados (líquidos), proveniente de resíduos domésticos; -Decomposição avançada de resíduos orgânicos (putrefação); -Inflamação de resíduos por ação química; -Matéria fecal humana/ animal (bactérias); -Variações sazonais climáticas (como acelerador de reação); -Produtos químicos (fertilizantes/pesticidas);

3.3.3. Identificação de perigos no transporte

Aos perigos associados ao processo de transporte, acrescem os perigos identificados na recolha, pois esse transporte nem sempre é feito de imediato para o aterro, ou não diretamente. Na maioria dos casos, os resíduos não são diretamente transportados no dia em que foram formados, o que provoca alterações aquando o seu transporte. Outro caso de perigo pode ocorrer quando o transporte não é diretamente feito para aterro, mas sim para depósitos antecedentes ao aterro. Assim, existe associação de perigos, tornando-se de igual forma relevante para a saúde pública. A ocorrência de mecanismos durante a acumulação de resíduos, quer nos camiões, quer nos depósitos, proporciona perigos acrescidos aos da recolha e transporte, que podem ser destacados na tabela 3.4.

Tabela 3.4. Exemplos de eventos perigosos associados ao transporte

Componente do sistema	Evento perigoso
Transporte direto	<ul style="list-style-type: none"> - Variações significativas de quantidade de derrame de lixiviados (líquidos), proveniente de resíduos domésticos; - Aumento bacteriano; - Inflamação de resíduos por ação química aquando contacto com outros resíduos; - Acidentes químicos no contacto de produtos químicos com produtos inflamáveis;
Transporte com pré-depósito	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de decomposição dos resíduos orgânicos; - Aumento de lixiviados; - Choques químicos; - Inflamação por degradação química aquando contacto com outros resíduos; - Aumento bacteriano;

3.3.4. Identificação de perigos na descarga

Os perigos associados à descarga dos resíduos em aterro abrangem os perigos anteriores da recolha e transporte, mas agora de caráter não só de saúde pública, mas também ambiental. Uma descarga em aterro deve ser feita dentro das regras de circulação do aterro, ou seja, evitando afetar a estrutura do aterro para que não ocorram acidentes aquando a sua descarga. Assim sendo os perigos associados à descarga verificam-se na tabela 3.5.

Tabela 3.5. Exemplos de eventos perigosos na descarga.

Componente do sistema	Evento perigoso
Descarga em aterro em exploração	<ul style="list-style-type: none"> - Derrame de lixiviados; - Choque químico e orgânico; - Acidentes químicos; - Acidentes estruturais (relacionados com capacidade e meios de impermeabilização); - Inflamação de resíduos por ação química aquando contacto com outros resíduos.

3.3.5. Identificação de perigos no aterro sanitário

Os perigos referentes ao aterro sanitário relacionam-se através dos perigos associados ao tratamento dos resíduos depositados, aos lixiviados, aos vetores transmissores de doenças e aos aspetos estruturais, podendo estes serem inventariados entre perigos para saúde pública e ambiente.

Os perigos referentes ao tratamento dos resíduos englobam todos os processos de armazenamento do aterro: compactação, montagem e cobertura da área de depósito. Os perigos relativos aos lixiviados englobam desde a decomposição dos resíduos até aos meios de drenagem e todos os processos de tratamento dos líquidos (lixiviados) produzidos, incluindo a localização do mesmo, bem como o clima a que está exposto e o meio receptor. Em relação aos perigos associados aos vetores transmissores de doenças, estes englobam todos os possíveis meios de transmissão aérea, através de seres vivos ou massa de ar. Os perigos de aspetos estruturais relacionam-se com a estrutura em si do aterro e acidentes que possam ocorrer ao longo da sua vida estrutural.

Para uma melhor compreensão e relacionamento desses eventos perigos são destacados na tabela 3.6 alguns exemplos.

Tabela 3.6. Exemplos de eventos perigosos associados ao aterro sanitário.

Componente do sistema	Evento perigoso
Tratamento dos resíduos depositados	<ul style="list-style-type: none"> - Compactação das pilhas de resíduos de forma a diminuir volume; - Inflamação de resíduos; - Acidentes químicos, - Crescimento bacteriano; - Produção/aumento de matéria orgânica; - Acidentes estruturais.
Lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do caudal de lixiviados; - Variações sazonais; - Falha dos elementos de drenagem; - Entupimento dos elementos de drenagem; - Acidentes químicos.
Vetores transmissores de doenças	<ul style="list-style-type: none"> - Odores; - Insetos; - Seres vivos voadores.
Aspectos construtivos	<ul style="list-style-type: none"> - Acidente na zona de impermeabilização; - Desmoronamentos da estrutura.

3.3.6. Caracterização de riscos

Um risco pode ser definido de várias formas, a forma mais usual de definir um risco pode traduzir-se pelo produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado, pelo respetivo efeito causado numa determinada população que a ele fica exposta, num dado intervalo de tempo, associando uma magnitude desse dano.

Um evento perigoso com maior inflexibilidade de consequências e maior probabilidade de ocorrência deve merecer maior consideração, relativamente aos eventos perigosos cujos impactos são menos significativos, ou cuja ocorrência é mais improvável.

3.3.7. Priorização de risco

Os perigos identificados podem ser avaliados segundo uma metodologia de priorização de riscos, baseada no bom senso e conhecimento aprofundado das características do sistema em apreciação, definindo, para um melhor relacionamento, uma matriz de classificação de riscos semiquantitativa.

Assim sendo, para uma avaliação do risco associado a cada perigo, estabelece-se a probabilidade da sua ocorrência, através de uma Escala de Probabilidade de Ocorrência, e as consequências para a saúde da população em volta, através de uma Escala de Severidade das Consequências.

A aplicação desta metodologia segue-se pela probabilidade de ocorrência, definida através de um julgamento sobre a estimativa de frequência com que o acontecimento pode ocorrer; a severidade das consequências é caracterizada em três categorias de eventos: letal (como sendo mortalidade significativa para uma dada população), nociva (morbilidade afetando uma parte de dada população) e de impacto negligenciável ou nulo. A escala de pontuação aplicada será de 1 a 5, consoante a gravidade crescente do perigo. Um exemplo desta abordagem apresenta-se nas tabelas 3.7 e 3.8.

Tabela 3.7. Exemplo de Escala de Probabilidade de Ocorrência (adaptado de WHO, 2004).

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Quase certa	Expectativa de ocorrência 1 vez por dia	5
Muito provável	Acontecimento provável a 1 vez por semana	4
Provável	Acontecimento de ocorrência 1 vez por mês	3
Pouco provável	Expectativa de ocorrência 1 vez por ano	2
Raro	Situação excepcional (1vez em 10 anos)	1

Tabela 3.8. Exemplo de Escala de Severidade de Consequência (adaptado de WHO, 2004).

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Letal para parte significativa da população ($\geq 10\%$)	5
Grande	Letal para pequena parte da população ($< 10\%$)	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	3
Pequena	Nocivo para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detetável	1

A priorização de riscos é estabelecida após a classificação de cada perigo com base nas escalas anteriores, dando origem à Matriz de Classificação de Riscos. No desenvolvimento da matriz, as pontuações são obtidas através do cruzamento da escala de probabilidade de ocorrência (linhas) com a escala de severidade das consequências (colunas), conforme pode ser verificado na tabela 3.9.

Tabela 3.9. Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos. (adaptado de WHO, 2004).

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das Consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

É ainda possível estabelecer a avaliação qualitativa da matriz anterior através de uma Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos, essa matriz de avaliação pode ser definida na tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos. (adaptado de WHO, 2004).

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das Consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Muito provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Provável	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado
Pouco provável	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

A aplicação desta metodologia deve ser de bom entendimento, de modo a poder distinguir-se situações que possam apresentar semelhantes pontuações mas com perigos distintos. Assim, por exemplo, um evento perigoso que ocorre raramente com consequências catastróficas pode ter maior prioridade para controlo, do que outro evento que corra de maior frequência mas que apresente impacto limitado para saúde pública.

Na elaboração de um PSAS podem-se então considerar Pontos de Controlo (PC) como sendo elementos do sistema que verifiquem perigos classificados com pontuações de risco com valor igual ou superior a 6 (Moderado).

3.3.8. Definição de PCC

Para cada Ponto de Controlo (PC) descoberto, procede-se à identificação dos locais onde será imprescindível prevenir, eliminar ou reduzir um perigo, dentro de limites aceitáveis (Pontos de Controlo Críticos – PCC). Isto deve fazer-se de forma estruturada e sistemática, como apresentado na árvore de decisão da figura 3.3, subentendendo o conhecimento prévio das medidas de controlo implantadas no sistema, dando resposta às perguntas esquematizadas.

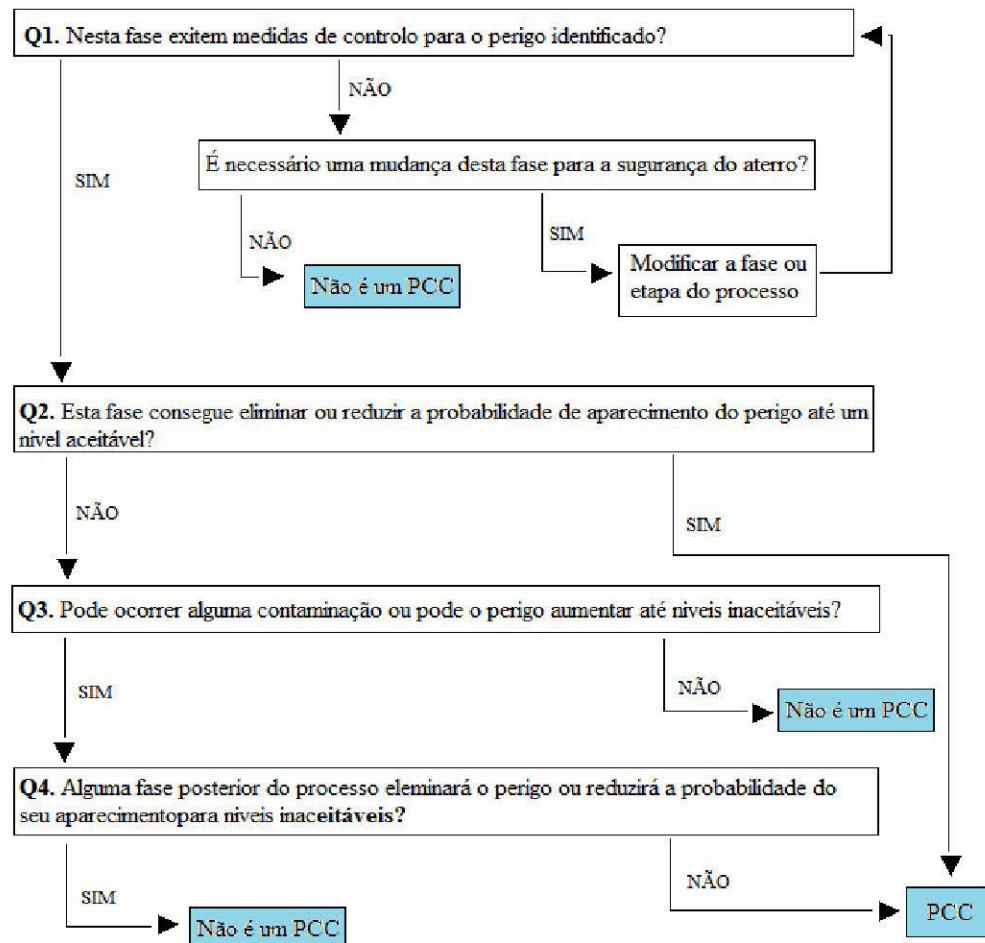


Figura 3.3. Exemplo de Árvore de decisão para definição de PCC (adaptado de Vieira e Morais (2005)).

Pode-se concluir da aplicação desta árvore de decisão que:

- Uma fase consequente do processo pode ser mais eficiente no controlo de um perigo e, como tal, identificar-se um PCC;
- Mais do que um perigo pode ser controlado por uma medida de controlo;
- Mais do que uma fase do processo pode estar envolvida no controlo de um dado perigo.

3.3.9. Identificação e avaliação de medidas de controlo

A garantia de que os objetivos de saúde pública sejam atingidos provém da avaliação e planeamento das medidas de controlo, baseados na identificação de perigos. O nível de controlo aplicado deve ser proporcional aos resultados obtidos na priorização de riscos.

Esta etapa da elaboração do PSAS pode abranger:

- Identificação de medidas de controlo existentes para cada perigo, desde a recolha até ao tratamento;
- Avaliação da eficiência das medidas de controlo, quando consideradas em conjunto, garantindo o controlo dos riscos em níveis aceitáveis;
- Avaliação de medidas de controlo alternativas e adicionais, no caso de melhorias a aplicar no sistema.

A identificação e aplicação das medidas de controlo devem ser assentes no princípio das barreiras múltiplas, isto para que, à falha de uma barreira, exista uma compensação de barreiras remanescentes que minimizem a probabilidade de contaminação. Sendo assim, a existência de várias medidas de controlo podem ser necessárias para o controlo de vários perigos, sendo que podem existir alguns perigos que necessitem da adoção de mais do que uma medida para ser efetuado o seu pleno controlo.

3.3.10. Identificação de medidas de controlo na recolha, transporte, descarga e no aterro sanitário

As medidas de controlo a estabelecer para cada etapa do sistema de um PSAS devem ter em conta a caracterização de riscos, e podem incluir, entre outros, os elementos constantes na tabela 3.11 dividida consoante cada etapa em análise.

Tabela 3.11. Exemplo de medidas de controlo associados a cada ponto de análise.

Etapa	Componente do sistema	Medidas de controlo
Recolha	Recolha: porta-a-porta	<ul style="list-style-type: none"> - Obrigação de separação de resíduos recicláveis nos pontos de seleção; - Proibição de exposição de resíduos tóxicos derramáveis, - Obrigação de condições de aglomeração dos resíduos; - Obrigação de depósito em locais identificados; - Especificação para depósito de resíduos industriais; - Controlo de depósito conforme recolha; - Fiscalização regular do depósito efetuado; - Prevenção e informação de depósito de resíduos químicos.

Transporte	Transporte direto	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção correta dos equipamentos de transporte; - Disponibilidade e obrigações de tipos meios de transporte adequado; - Disponibilidade de meios de transporte para tipos de resíduos; - Obrigação de disponibilidade de meios de transporte consoante quantidades; - Fiscalização adequada aos meios de transporte.
	Transporte com pré depósito	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção correta dos equipamentos de depósito e transporte; - Disponibilidade e obrigações de tipos meios de transporte adequado; - Disponibilidade de meios de transporte para tipos de resíduos; - Obrigação de disponibilidade de meios de depósito consoante quantidades; - Fiscalização adequada aos meios de depósito e transporte.
Descarga	Aterro em exploração	<ul style="list-style-type: none"> - Obrigações de tipos meios de transporte que pode efetuar descarga; - Controlo do tipo de resíduo a descarregar; - Controlo da descarga e potenciais erros de impermeabilização e estruturais; - Controlo de capacidade; - Fiscalização da descarga; - Proibição de acesso a pessoas não identificadas.

Aterro Sanitário	Tratamento de resíduos depositados	<ul style="list-style-type: none"> - Proibição de acesso a pessoas não identificadas; - Obrigações de controlo de meios de manuseamento dos resíduos; - Controlo de capacidade; - Controlo de qualidade e tratamento; - Disponibilidade de meios de reserva; - Otimização dos processos de tratamento.
	Lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> - Proibição de acesso a pessoas não identificadas aos meios de drenagem e tratamento; - Obrigações de controlo de meios de drenagem; - Controlo de capacidade de remoção; - Controlo de qualidade no tratamento; - Análises obrigatórias e registos após tratamentos; - Análises obrigatórias e frequentes aos cursos de água junto ao aterro; - Otimização dos processos de tratamento.

	<p>Vetores transmissores de doenças</p> <ul style="list-style-type: none"> - Controlo de níveis de aceitáveis; - Controlo periódico a saúde pública envolvente; - Obrigação de utilização de equipamentos de proteção pessoal para funcionários; - Uso de técnicas de nebulização para redução de odores; - Proteção da zona de aterro contra seres vivos voadores.
	<p>Aspectos construtivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das vias de acesso ao aterro; - Controlo da descarga e potenciais erros da impermeabilização e da estrutura; - Controlo de capacidade; - Fiscalização da descarga; - Otimização dos processos de tratamento dos resíduos.

3.4. Monitorização operacional

Após a descrição das medidas de controlo para cada uma das etapas do sistema de um PSAS, é fundamental que a identidade gestora assegure procedimentos de avaliação do sistema, de modo a garantir a sua funcionalidade. A monitorização operacional certifica, de forma estruturada e organizada, o suporte à gestão da operação do sistema, contribuindo para que as medidas de controlo sejam eficazes.

Os parâmetros escolhidos para monitorização operacional devem refletir a eficácia de cada medida de controlo e garantir uma indicação de desempenho imediata, permitindo, assim, uma pronta resposta.

3.4.1. Estabelecimento de procedimentos de monitorização e ações corretivas

Todas as medidas de controlo, em qualquer situação, devem ter ações definidas para sua tolerância operacional. As mesmas podem ser de monitorização direta ou indiretamente, mediante a utilização de indicadores. A cada potencial perigo estabelece-se respetivos exemplos de ações prováveis de acontecer, e determina-se os objetivos a ser cumpridos através das chamadas ações corretivas. Se da atividade de monitorização for concluído que uma dada ação é ultrapassada ou não cumprida, pode-se concluir que foi atingida uma situação de incumprimento.

A verificação do cumprimento das ações constituídas deve realizar-se através de monitorização da qualidade. A monitorização deverá ser realizada com objetivo de dar resposta a questões simples do tipo “O quê?”, “Como”, “Quando”, “Onde”, “Quem”.

Os procedimentos de monitorização devem ser organizados em planos de monitorização ao longo de todo o sistema, e devem conter:

- Parâmetros a monitorizar;
- Locais e frequência de análise;
- Métodos de análises e equipamentos;
- Programação de controlo;
- Requisitos de verificação e interpretação de acontecimentos;
- Responsabilidades e qualificações necessárias de pessoal;
- Requisitos para documentação e gestão de registos;
- Requisitos para relatórios e comunicação de resultados.

Relativamente a ações corretivas, sempre que seja detetado na monitorização que as ações constituídas são ultrapassadas, é necessário aplicar ações corretivas de modo a assegurar o seu controlo. Em algumas etapas, quando surgir a ocorrência de desvios de ações estabelecidas, pode ser exigida uma ação corretiva quase instantânea, pois em caso de não haver controlo, pode surgir consequências catastróficas.

Os perigos ponderados nos pontos de controlo críticos devem ser eliminados ou reduzidos através de um ou mais ações corretivas, garantindo-se assim, os objetivos de qualidade pretendidos.

3.5. Planos de gestão

Para atingir os seus objetivos, um PSAS deve conter planos de gestão que descrevam as ações a ser tomadas e documentam a avaliação e o monitoramento do sistema, e que contêm os seguintes requisitos:

- Avaliação do sistema;
- Monitorização operacional programada;
- Procedimentos sistematizados para a gestão de qualidade do aterro, incluindo documentação e comunicação;
- Desenvolvimento de programas para renovação e melhoramento do sistema;
- Estabelecimento de protocolos apropriados para dar resposta a incidentes e para comunicação (interna, autoridades de vigilância, público).

A resposta a incidentes pode envolver vários níveis de alerta, como sendo: mínimo, aviso prévio, a necessitar de mais investigação e de emergência. No caso de emergência pressupõe-se a atuação de outras entidades como por exemplo autoridades de saúde e proteção civil.

3.5.1. Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina, para a gestão em condições excepcionais e estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação

Após a constatação de que a instalação é adequada e que estarão definidas as regras de funcionamento para uma devida manutenção do sistema, será necessário criar um mecanismo de verificação que garanta a sua fiabilidade, isto é, após definidos os perigos, os PCC, as ações, os procedimentos de monitorização e as ações corretivas.

O controlo desses perigos só podem ser mantidos através de verificações sistemáticas e periódicas, as quais incluem inspeções visuais, inspeções físicas e análises laboratoriais, daí tornar-se necessário a elaboração de um caderno de instruções, cujo objetivo é de controlar os PCC, incluindo a análise de todo o sistema hídrico em redor do aterro.

Para a gestão de condições excepcionais, e como podem ser registados eventos de consequências catastróficas, é aconselhável a elaboração de planos de emergência para lhe fazer face. Esses

planos devem conter eventuais desastres naturais, acidentes, danos no sistema geral de tratamento, e devem especificar de forma clara os responsáveis pela coordenação das medidas a tomar, os esquemas alternativos e um plano de comunicação de alerta e informação da população.

Aquando a ocorrência de uma situação excepcional, deve ser elaborada uma investigação aprofundada, considerando-se os seguintes elementos de análise:

- Qual a primeira causa que originou o acontecimento?
- Como foi inicialmente identificado ou conhecido o acontecimento?
- Quais as principais ações tomadas?
- Que problemas de comunicação se expressam e como foram resolvidos?
- Quais as consequências de curto e longo prazo?
- Como se comportou o plano de emergência?

Facilitando o seu registo e com vista a preparação da entidade gestora a fazer face a situações semelhantes que possam vir a ocorrer.

O estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação passa pelo registo de informação essencial para avaliar a consistência do PSAS e demonstrar o grau de adesão do sistema ao PSAS. Devem-se considerar cinco tipos de registos:

- Documentação de suporte para o desenvolvimento do PSAS;
- Registos e resultados gerados da aplicação do PSAS;
- Relatórios de investigação a acontecimentos excepcionais;
- Documentação de métodos e procedimentos utilizados;
- Registos dos programas de formação ministrada ao pessoal.

Com a análise aos registos de monitorização operacional, um operador ou um gestor poderá facilmente avaliar se um dado processo está a atingir o seu limite crítico. Esta análise poderá ser de muita utilidade na identificação de tendências e na introdução de ajustes operacionais.

A revisão periódica dos registos de um PSAS será ainda recomendável para a deteção de falhas no sistema. Em caso de avaliação externa do sistema, os registos podem desempenhar um papel essencial nos trabalhos das auditorias e realizar-se.

As estratégias de comunicação podem incluir:

- Procedimento para alerta imediato;
- Informação sumária a ser disponibilizada à comunidade envolvente;
- Estabelecimento de mecanismos de receção e resposta, em tempo útil, às reclamações apresentadas pela comunidade.

Deve ser referido que a estratégia de comunicação a adotar deve ter em atenção a comunidade envolvente e a necessidade do grau de comunicação.

3.6. Validação e verificação do PSAS

3.6.1. Avaliação do funcionamento de PSAS

As alterações existentes de médio-longo prazo ocorrem gradualmente sem que sejam detetadas através dos procedimentos de monitorização habituais, podendo causar perturbações sérias no funcionamento correto do sistema. Os resultados da eliminação e da manutenção das medidas de controlo devem então ser examinadas, tanto para alterações evidentes como para tendências suaves no contexto de avaliação anual.

A validação do PSAS tem como objetivo verificar se todos os elementos são eficientes, e se a informação de suporte estará de acordo com os objetivos de qualidade de um aterro, relacionando os objetivos de segurança e as políticas de saúde pública.

A avaliação anual inclui uma crítica de todos os aspetos que, direta ou indiretamente, compreendem perigos, e deverá incluir também todas as instalações, desde a recolha até ao aterro.

4. GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Serão descritos neste capítulo os passos fundamentais a serem considerados na elaboração e aplicação de um PSAS. Esta descrição será elaborada apresentando exemplos para a orientação das entidades gestoras, proporcionando um guia prático para o desenvolvimento do processo de avaliação e gestão de riscos adaptados ao sistema de aterros sanitários e informando sobre várias situações que podem ocorrer, comprometendo que cada entidade gestora pondere judiciosamente a sua aplicabilidade consoante o seu sistema.

4.1. Etapas preliminares

ETAPAS PRELIMINARES

- Constituição da equipa;
- Descrição do sistema de recolha e depósito;
- Constituição e validação do diagrama de fluxo.

As etapas preliminares constituem tarefas preparatórias para todo o processo de elaboração do PSAS.

4.1.1. Constituição da equipa

Elaboração do registo de contactos dos membros da equipa, incluindo função exercida na empresa e responsabilidade no PSAS, exemplo descrito no quadro 4.1.

Quadro 4.1. Exemplo de quadro de constituição da equipa.

Nome	Telefone	E-mail	Cargo	Responsabilidade
Jorge Araújo	253 222 550	jmaraujo@aterro.pt	Administrador	Coordenador da equipa
Orlando Costa	253 222 551	ocosta@aterro.pt	Diretor de operações	Avaliação do sistema e estabelecimento dos procedimentos de monitorização operacional
Pedro Rodrigues	253 222 553	pmrodrigues@aterro.pt	Responsável pelo controlo do sistema	Elaboração e aplicação dos planos de gestão
Sara Fernandes	253 222 552	sfernandes@aterro.pt	Responsável pelo controlo de tratamento	Avaliação do sistema de tratamento dos lixiviados

4.1.2. Descrição do sistema

A elaboração de uma listagem de tarefas principais do sistema, incluindo descrição das mesmas, será demonstrada no quadro 4.2.

Quadro 4.2. Exemplo de quadro para descrição do sistema.

Fase do processo	Descrição
Recolha	Os resíduos urbanos são recolhidos porta a porta por entidade especializada.
Transporte	Os resíduos urbanos são transportados para o aterro em equipamentos apropriados.
Descarga	Os resíduos urbanos são descarregados no aterro diretamente do equipamento para a vala.
Aterro sanitário	Após descarga existe processo de tratamento das toneladas de resíduos, drenagem dos lixiviados e seu tratamento para encaminhamento para sistema de águas residuais, prevenção de vetores transmissores de doenças, manutenção da estrutura da aterro.

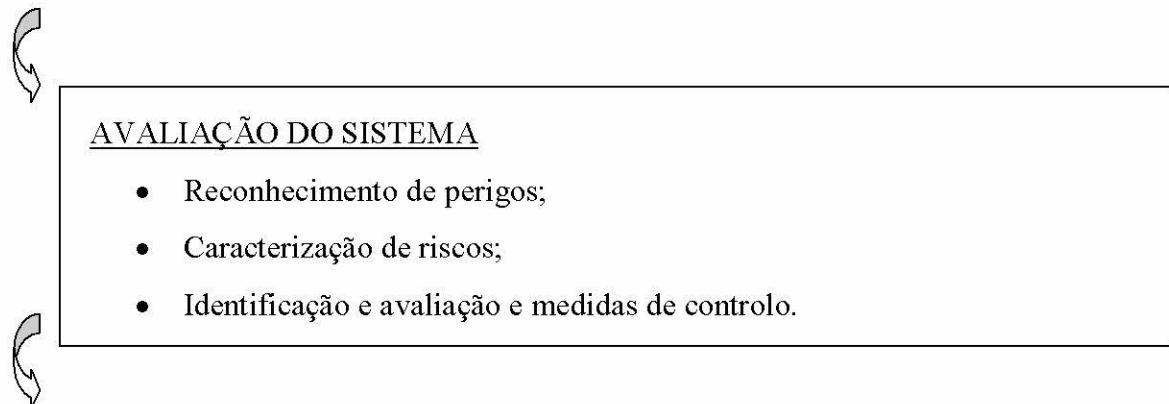
4.1.3. Construção e validação do diagrama de fluxo

A elaboração do diagrama de fluxo, desde a recolha até depósito e tratamento em aterro bem como a análise de conformidade, mostra-se em exemplo na figura 4.1.



Figura 4.1. Exemplo de diagrama de fluxo.

4.2. Avaliação do sistema



A partir do diagrama de fluxo do sistema, e da sua organização num esquema de barreiras múltiplas, será possível estabelecer a identificação de perigos, a caracterização de riscos e a avaliação de medidas de controlo, considerando todas as fases do processo nas diferentes etapas do sistema, conforme se exemplifica na figura 4.2.

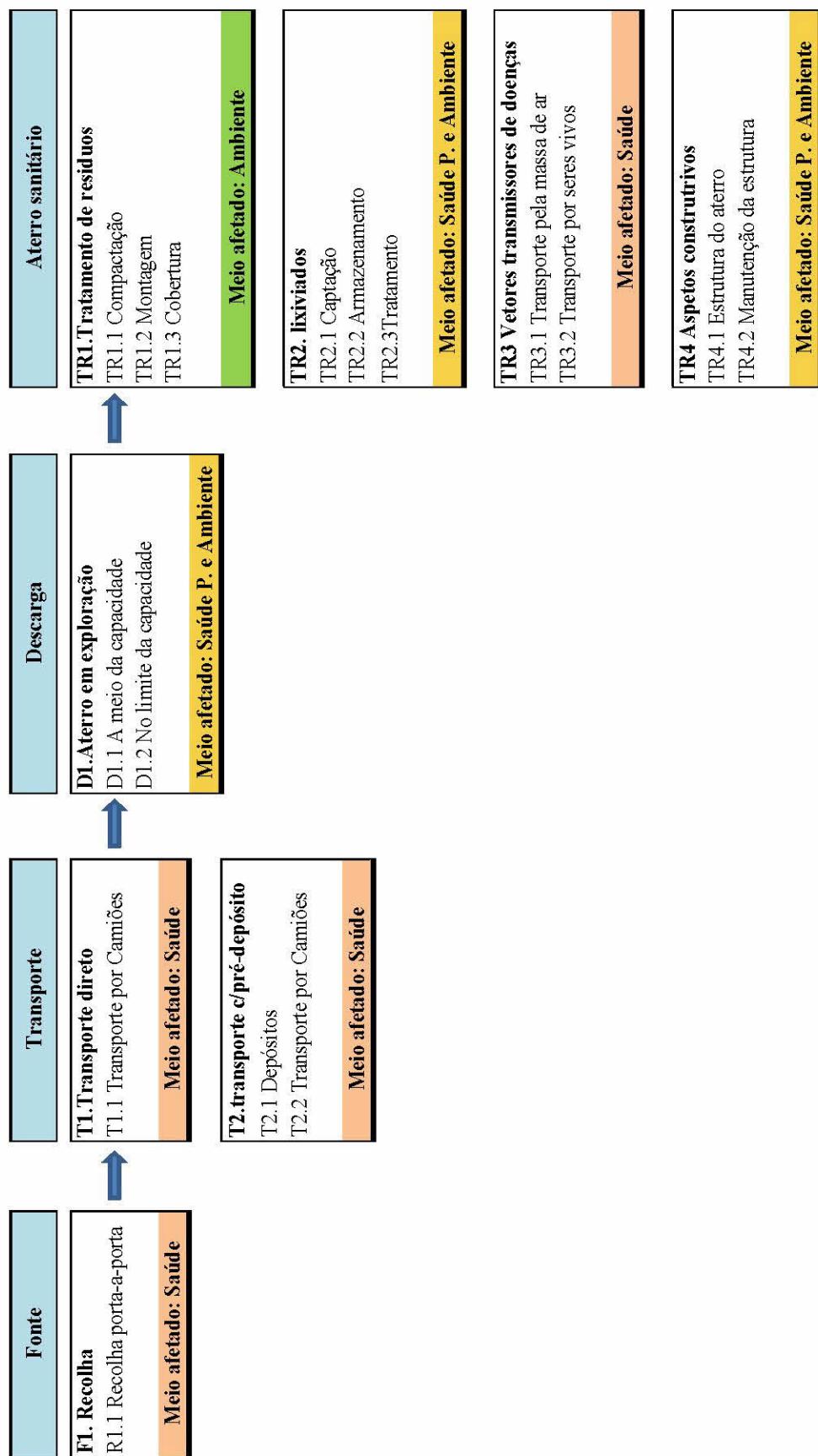


Figura 4.2. Exemplo de esquema de barreiras múltiplas para identificação de perigos

Nos quadros de 4.3 a 4.18 que se seguem, e através do estabelecimento de medidas de controlo em cada uma das etapas do sistema, serão apresentados aspectos gerais a serem considerados na identificação de perigos na proteção do aterro (adaptado de TECHNEAU, 2007 e Vieira e Moraes, 2005).

4.2.1. Identificação de perigos

Os perigos identificados nos quadros serão exemplos de perigos que podem ocorrer associados a cada fase do sistema.

4.2.2. Caracterização de riscos

A caracterização dos riscos é baseada nas tabelas 3.3 a 3.6 anteriormente definidas. Riscos de classificação igual ou superior a moderado determinam um PC (ponto de controlo).

Aplicação da árvore de decisão (figura 3.3 na página 29) aos PC e definição dos PCC (pontos de controlo críticos).

4.2.3. Identificação e avaliação de medidas de controlo

Identificação e avaliação de medidas de controlo para todos os PCC encontrados, conforme metodologia proposta em 4.2.2.

4.2.4. Avaliação do sistema, Recolha

F1 Recolha

Os principais perigos associados à recolha dos resíduos são de origem química e biológica, devido ao início da decomposição dos resíduos e possíveis derrames de lixiviados, provenientes dos resíduos que aguardam a recolha para transporte até ao aterro sanitário.

De seguida será exemplificada a metodologia a adotar na avaliação do subsistema Fonte, onde se refere casos de depósito de resíduos perigosos e estado de decomposição de restantes tipos de resíduos.

F1.1 Recolha porta-a-porta

Para este PC os perigos mais importantes surgem do estado dos resíduos aquando a sua exposição para recolha e o tipo de resíduo exposto.

Quadro 4.3. Esquema de quadro para avaliação do subsistema: Recolha.

		F1 Recolha						Meio afetado: Saúde					
		Eventos perigos		Perigos		Prob.		Caracterização de riscos		Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo	
		Sev.	Class.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	Qualitativa de riscos	PCC	Qualitativa de riscos	PCC		
F1.1.1	Exposição de resíduos orgânicos	F1.1.1.1	Microorganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado				
F1.1.2	Exposição de resíduos inorgânicos	F1.1.2.1	Acidentes pessoais, tais como: cortes	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado				
F1.1.3	Exposição de resíduos químicos	F1.1.3.1	Substâncias químicas perigosas	4	2	8	S,N,S,N	PCC	Moderado	- Fixação de pontos específicos para depósito de resíduos;			
F1.1.4	Exposição de resíduos tóxicos	F1.1.4.1	Substâncias tóxicas perigosas	3	2	6	S,N,S,N	PCC	Moderado	- Informação sobre tipos de resíduos permitidos no depósito,			
F1.1.5	Exposição de resíduos hospitalares	F1.1.5.1	Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,N	Não é um PCC	Moderado	- Garantir meios técnicos necessários para o bom acondicionamento dos resíduos;			
F1.1.6	Exposição de resíduos industriais	F1.1.6.2	Acidentes pessoais, com material hospital, tais como ceringas, laminas, etc.	5	2	10	S,N,N	Não é um PCC	Moderado	- Obrigação de seguros de saúde para funcionários;			
F1.1.7	Formação de lixiviados	F1.1.7.1	Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,N	Não é um PCC	Moderado	- Implantação de fiscalização de normas de depósito.			
		F1.1.7.2	Acidentes pessoais, tais como: cortes	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado				
			Microorganismos patogénicos	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado				
			Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado				

4.2.5. Avaliação do sistema, Transporte

Os principais perigos associados ao transporte dos resíduos são de origem química, biológica e física, devido ao inicio da decomposição dos resíduos e possíveis derrames de lixiviados provenientes dos resíduos que são transportados até ao aterro sanitário.

Seguidamente será exemplificada a metodologia a adotar na avaliação do subsistema Transporte, onde se refere casos de estado de transporte dos resíduos e sua acumulação, bem como o seu relacionamento com o subsistema Fonte.

T1 Transporte direto

Para este PC, os perigos mais importantes relacionam-se com o estado dos resíduos recolhidos. Se no subsistema de fonte os resíduos são fontes de perigo, quando entram no subsistema transporte acarretam os perigos anteriores e proporcionam acréscimo de mais perigos afetados pelos métodos de transporte.

T1.1 Transporte por camiões

Surgem neste PC acréscimo de perigos relacionados com a aglomeração dos resíduos nos camiões de transporte, existindo compactação dos resíduos para diminuição do volume.

Quadro 4.4. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte Direto.

T1 Transporte Direto						
		Meio afetado: Saúde		Árvore de decisão		
Eventos perigos		Perigos	Caracterização de riscos	Respostas	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
T 1.1.1	Existência de resíduos orgânicos	T1.1.1.1 Microrganismos patogénicos	Prob. 5	Sev. 2	10 N.N	Não é um PCC Moderado
T 1.1.2	Existência de resíduos químicos	T1.1.2.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10 S,N,S,N	PCC Moderado
T 1.1.3	Existência de resíduos tóxicos	T1.1.3.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10 S,N,S,N	PCC Moderado
T 1.1.4	Existência de resíduos hospitalares e industriais	T1.1.4.1 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10 S,N,S,N	PCC Moderado
T 1.1.4	Formação de lixiviados	T1.1.4.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10 N.N	Não é um PCC Moderado
		T1.1.4.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10 N.N	Não é um PCC Moderado
		T1.1.4.3 Acumulação de lixiviados nos equipamentos	5	2	10 N.N	Não é um PCC Moderado
T 1.1.5	Deteriorização dos equipamentos	T1.1.5.1 Corrosão do material dos equipamentos	3	1	3 N.N	Não é um PCC Baixo

T1.1 Transporte por camiões

T2 Transporte com pré-depósito

Neste PC são contemplados os transportes indiretos para o aterro, o armazenamento de resíduos em depósitos que acarretam o aumento de estado dos resíduos antes da chegada ao aterro.

T 2.1 Depósitos

O PC dos perigos associados aos depósitos, incluem os perigos do subsistema de recolha, pois os resíduos acabam por ter um ponto de espera até que a quantidade seja suficiente para o transporte. Isto tudo acaba por acontecer para que em certas regiões menos populosas, não haja desperdiço meios económicos com transporte de resíduos.

T 2.2 Transporte por camiões

O PC relativo ao transporte dos resíduos após depósito transporta consigo os perigos relativos ao estado dos resíduos após tempo de depósito, havendo crescimento dos mesmos.

Quadro 4.5. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte com pré-depósito-PCC3.

T2 Transporte com pré-depósito						
Meio afetado: Saúde						
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Árvore de decisão	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
T 2.1.1 Existência de resíduos orgânicos	T2.1.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10 N,N	Não é um PCC	Moderado
T 2.1.2 Existência de resíduos químicos	T2.1.2.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10 S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.1.3 Existência de resíduos tóxicos	T2.1.3.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10 S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.1.4 Existência de resíduos hospitalares e industriais	T2.1.4.1 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10 S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.1.5 Formação de lixiviados	T2.1.5.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10 N,N	Não é um PCC	Moderado
	T2.1.5.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10 N,N	Não é um PCC	Moderado
	T2.1.5.3 Acumulação de lixiviados nos depósitos	5	2	10 N,N	Não é um PCC	Moderado
T 2.1.6 Deterioração de equipamentos	T2.1.6.1 Corrosão do material dos depósitos	3	2	6 N,N	Não é um PCC	Moderado

Quadro 4.6. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Transporte com pré-depósito-PCC4.

T2 Transporte com pré-depósito							
Meio afetado: Saúde							
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Class.	Respostas	Árvore de decisão	Qualitativa de riscos
T 2.2.1 Existência de resíduos orgânicos	T2.2.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
T 2.2.2 Existência de resíduos químicos	T2.2.2.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.2.3 Existência de resíduos tóxicos	T2.2.3.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.2.4 Existência de resíduos hospitalares e industriais	T.2.2.4.1 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
T 2.2.5 Formação de lixiviados	T2.2.5.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
	T2.2.5.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
	T 2.2.5.3 Acumulação de lixiviados nos equipamentos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
T 2.2.6 Deteriorização de dos equipamentos	T2.2.6.1 Corrosão do material dos equipamentos	3	1	3	N,N	Não é um PCC	Baixo

T 2.2 Transporte por camião

4.2.6. Avaliação do sistema, Descarga

D1 - Descarga em aterro em exploração

Para este PC, os perigos mais importantes surgem do estado dos resíduos aquando a sua descarga e os perigos associados aos resíduos já expostos. A existência de PC's diferentes entre um aterro em capacidade de exploração e em fim de exploração varia, e torna a fase de fim de exploração como sendo fase de aumento de perigos na descarga. Seguidamente será exemplificada a metodologia a adotar na avaliação do subsistema Descarga efetuada em aterro em fase de exploração.

D1.1 - Descarga a meio da capacidade

O PC relacionado com descarga em aterro em exploração inclui os perigos do estado dos resíduos a serem depositados, e perigos associados ao estado dos resíduos já lá armazenados.

D1.2 - Descarga no limite da capacidade

Para este PC os perigos incluem o estado dos resíduos aquando a sua descarga, e os perigos associados aos resíduos já armazenados, bem como a capacidade de aglomeração que ainda falta para completar o aterro.

Quadro 4.7. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Descarga-Aterro em exploração - PCC5.

Eventos perigos	Perigos	Meio afetado: Saúde P. e Ambiente				Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Caracterização de riscos	Arvore de decisão		
		Class.	Respostas	PCC	PCC		
D1.1.1 Descarga de resíduos orgânicos	D1.1.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
D1.1.2 Descarga de resíduos químicos	D1.1.2.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
D1.1.3 Descarga de resíduos tóxicos	D1.1.3.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
D1.1.4 Lixiviados	D1.1.4.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
	D1.1.4.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
D1.1.5 Construção das camadas	D1.1.5.1 Desmoronamentos das camadas de resíduos	3	2	6	S,S	PCC	Moderado
	D1.1.5.2 Acidentes pessoais como cortes, esmagamentos, etc	3	2	6	N,N	Não é um PCC	Moderado
	D1.1.5.3 Acidentes na camada impermeabilizante	3	5	15	S,N,S,N	PCC	Elevado

D1.1 A meio da capacidade

Quadro 4.8. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Descarga-Aterro em exploração - PCC6.

D1 Aterro em exploração									
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente									
Eventos perigos	Perigos	Caracterização de riscos			Arvore de decisão			Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	PCC		
D1.2.1 Descarga de resíduos orgânicos	D1.2.1.1 Microrganismos patogênicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado	PCC 6	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das vias internas de acesso ao aterro; - Fiscalização dos trabalhos de construção das camadas; - Obrigação de fiscalização às descargas; -Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis de descarga, -Supervisão aos meios de impermeabilização após descargas; -Supervisão da capacidade do aterro; - Ativação de sistema de alerta e registo de acontecimento.
D1.2.2 Descarga de resíduos químicos	D1.2.2.1 Substâncias químicas perigosas	4	2	8	S,N,S,N	PCC	Moderado		
D1.2.3 Descarga de resíduos tóxicos	D1.2.3.1 Substâncias tóxicas perigosas	4	2	8	S,N,S,N	PCC	Moderado		
D1.2.4 Lixiviados	D1.2.4.1 Microrganismos patogênicos	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado		
	D1.2.4.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado		
D1.2.5 Construção das camadas	D1.2.5.1 Desmoronamentos das camadas de resíduos	3	2	6	S,S	PCC	Moderado		
	D1.2.5.2 Acidentes pessoais como cortes, esmagamentos, etc	3	2	6	N,N	Não é um PCC	Moderado		
D1.2.5.3 Acidente na manta impermeabilizante		3	5	15	S,N,S,N	PCC	Elevado		
D1.2.7 Estrutura do aterro	D1.2.7.1 Colapso da estrutura limitante do aterro	2	5	10	S,N,S,N	PCC	Moderado		

4.2.7. Avaliação do sistema, Aterro sanitário

TR1. - Tratamento de resíduos

Para este PC os perigos para o processo de tratamento decorrentes da descarga em aterro, englobam diferentes estados de tratamento separados, pois o tratamento dos resíduos em aterro engloba todo o processo de criação de métodos que forneçam efeitos de decomposição para os resíduos.

De seguida será exemplificada a metodologia a adotar na avaliação do subsistema de tratamento dos resíduos.

TR1.1 - Compactação

O PC relacionado com a compactação em aterro inclui os perigos associados ao estado dos resíduos, e ao estado em que os mesmos ficam após compactação.

TR1.2 - Montagem

Relativamente ao PC relacionado com a compactação em aterro, inclui os perigos associados à montagem do método de decomposição dos resíduos.

TR1.3 - Cobertura

O PC relacionado com a criação de cobertura do aterro inclui os perigos associados ao método de cobertura e a responsabilidade diária associada ao mesmo.

Quadro 4.9. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC7.

TR 1. Tratamento de resíduos							
Meio afetado: Ambiente							
	Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Árvore de decisão	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
TR1.1.1	Concentração de resíduos orgânicos	TR1.1.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC Moderado
TR1.1.2	Concentração de resíduos inorgânicos	TR1.1.2.1 Acidentes pessoais, tais como: cortes ou lesões	5	1	5	N,N	Não é um PCC Baixo
TR1.1.3	Concentração de resíduos químicos	TR1.1.3.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10	S,N,SS,N	PCC Moderado
TR1.1.4	Concentração de resíduos tóxicos	TR1.1.4.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10	S,N,SS,N	PCC Moderado
TR1.1.5	Concentração de resíduos hospitalares	TR1.1.5.1 Acidentes pessoais, com material hospital, tais como ceringas, laminas, etc.	5	2	10	N,N	Não é um PCC Moderado
TR1.1.6	Concentração de resíduos industriais	TR1.1.6.1 Acidentes pessoais, com material industrial, tais como cortes	5	2	10	N,N	Não é um PCC Moderado
TR1.1.7	Lixividos	D1.1.7.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC Moderado
		D1.1.7.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	N,N	Não é um PCC Moderado
TR1.1.8	Falha mecânica dos meios de compactação	TR1.1.8.1 Aumento de quantidade de lixiviados	5	2	10	N,N	Não é um PCC Baixo
		Aumento do volume de resíduos	3	1	3	N,N	Não é um PCC Baixo

Quadro 4.10. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC8.

TR 1.Tratamento de resíduos							
Meio afetado: Ambiente							
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Árvore de decisão	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo	
TR1.2.1 Concentração de resíduos orgânicos	TR1.2.1.1 Microrganismos patogênicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR1.2.2 Concentração de resíduos inorgânicos	TR1.2.2.1 Acidentes pessoais, tais como: cortes ou lesões	5	1	5	N,N	Não é um PCC	Baixo
TR1.2.3 Concentração de resíduos químicos	TR1.2.3.1 Substâncias químicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
TR1.2.4 Concentração de resíduos tóxicos	TR1.2.4.1 Substâncias tóxicas perigosas	5	2	10	S,N,S,N	PCC	Moderado
TR1.2.5 Concentração de resíduos hospitalares	TR1.2.5.1 Acidentes pessoais, com material hospital, tais como ceringas, laminas, etc.	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR1.2.6 Concentração de resíduos industriais	TR1.2.6.1 Acidentes pessoais, com material industrial, tais como cortes	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR1.2.7 Lixivizados	TR1.2.7.1 Microrganismos patogênicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
	TR1.2.7.2 Produtos químicos indesejáveis	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR1.2.8 Construção das camadas	TR1.2.8.1 Desmoronamentos das camadas de resíduos	2	2	4	N,N	Não é um PCC	Baixo
	TR1.2.8.2 Acidente na manta impermeabilizante	3	5	15	S,N,S,N	PCC	Elevado
	TR1.2.8.3 Colapso da estrutura limitante do aterro	2	5	10	S,N,S,N	PCC	Moderado

TR 1.2 Montagem							
PCC 8							

Quadro 4.11. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de resíduos – PCC9.

TR 1.Tratamento de resíduos							
Meio afetado: Ambiente							PCC 9
Eventos perigos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.			
TR1.3.1 Construção da cobertura	TR1.3.1.1 Erros de dimensionamento de camada de cobertura	2	2	4	N,N	Não é um PCC	Baixo
	TR1.3.1.2 Fuga de substâncias por evaporação	1	3	3	S,N,S,N	PCC	Baixo
	TR1.3.1.3 Acidente na estrutura de cobertura	2	2	4	S,N,S,N	PCC	Baixo
	TR1.3.1.4 Colapso da estrutura limitante do aterro	1	2	2	S,N,S,N	PCC	Baixo

TR2 - Lixiviados

Os perigos do PC do processo de tratamento dos lixiviados decorrentes dos derrames dos líquidos provenientes dos resíduos, englobam todo o processo, desde a sua captação até ao seu tratamento.

Seguidamente será exemplificada a metodologia a adotar na avaliação do subsistema de tratamento dos lixiviados dos resíduos.

TR2.1 - Captação

O PC relacionado com a captação dos lixiviados é proveniente do tipo de drenagem assim como da capacidade em este pode ter.

TR2.2 - Armazenamento

O PC dos perigos associados ao armazenamento dos lixiviados é proveniente das ações biológicas, físicas e químicas que ocorrem.

TR2.3 - Tratamento

Em relação ao PC dos perigos do tratamento dos lixiviados, este é proveniente do método de tratamento a que os lixiviados estão sujeitos, tendo em conta os produtos usados e o próprio mecanismo de tratamento em si.

Quadro 4.12. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de lixiviados – PCC10.

TR 2. Tratamento lixiviados									
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente									
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Árvore de decisão	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo	PCC 10		
		Sev.	Class.	Respostas	PCC				
TR 2.1.1 Lixiviados provenientes dos resíduos	TR 2.1.1.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado		
	TR 2.1.1.2 Substâncias químicas perigosas	5	3	15	N,N	Não é um PCC	Elevado		
TR 2.1.2 Lixiviados provenientes de ações atmosféricas	TR 2.1.2.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado		
	TR 2.1.2.2 Substâncias químicas perigosas	5	3	15	N,N	Não é um PCC	Elevado		
TR 2.1.3 Lixiviados provenientes das escorregiências das vias de acesso	TR 2.1.3.1 Microrganismos patogénicos	4	2	8	S,N,S,N	PCC	Moderado		
	TR 2.1.3.2 Substâncias químicas perigosas	4	3	12	S,N,S,N	PCC	Elevado		
TR 2.1.4 Falta dos órgãos de captação	TR2.1.4.1 Falta dos órgãos de drenagem	3	3	9	S,N,S,N	PCC	Moderado		
TR 2.1.5 Recirculação	TR2.1.5.1 Resíduos provenientes do tratamento	5	3	15	N,N	Não é um PCC	Elevado		

TR 2. Tratamento lixiviados**Meio afetado: Saúde P. e Ambiente**

Eventos perigos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão PCC	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.			
TR2.2.1 Fugas de lixiviados nas vias de acesso	TR2.2.1.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	N,N	Não é um PCC	Moderado
	TR 2.1.1.2 Substâncias químicas perigosas indesejáveis	2	4	8	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR2.2.2 Fugas de lixiviados nos reservatórios	TR2.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	N,N	Não é um PCC	Moderado
	TR 2.2.2.2 Substâncias químicas perigosas indesejáveis	2	4	8	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR2.2.3 Acumulação de sedimentos nos reservatórios	TR2.2.3.1 Microrganismos patogénicos	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
	TR 2.2.3.2 Substâncias químicas perigosas indesejáveis	5	2	10	N,N	Não é um PCC	Moderado
TR2.2.4 Acesso de animais ao reservatório	TR2.2.4.1 Microrganismos patogénicos	4	3	12	S,N,S,N	PCC	Elevado
TR2.2.5 Capacidade dos reservatórios	TR2.2.5.1 Microrganismos patogénicos	4	3	12	S,N,S,N	PCC	Elevado
	TR 2.2.5.2 Substâncias químicas perigosas indesejáveis	4	3	12	S,N,S,N	PCC	Elevado
TR2.2.6 Estrutura do reservatório	TR2.2.6.1 Colapso da estrutura limitante do reservatório	1	5	5	S,N,S,N	PCC	Baixo

TR 2.2 Armazenamento

Quadro 4.14. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Tratamento de lixiviados – PCC12.

Eventos perigos	Perigos	Caracterização de riscos			Respostas	PCC	Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.				
TR2.3.1 Dosagens incorrectas de tratamento	TR 2.3.1.1 Substâncias químicas perigosas indesejáveis	1	5	5	-	-	Baixo	
TR2.3.2 Rotura de stocks de substâncias de tratamento	TR2.3.2.1 Máteria orgânica	1	3	3	-	-	Baixo	
	TR2.3.2.2 Substâncias químicas perigosas	1	3	3	-	-	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir registos de cálculos de dosagens; - Garantir inspeções e análise aos lixiviados; - Criação de gestão de stocks eficiente; -Impoção de técnicos especializados para efectuar os cálculos de dosagens; -Obrigação de registos de calibração dos equipamentos de dosagem; -Ativação de sistema de alerta e registos de acontecimento.
TR2.3.3 Aplicação métodos incorrectos	TR2.3.3.1 Máteria orgânica	2	3	6	S,S	PCC	Moderado	
	TR2.3.3.2 Substâncias químicas perigosas	2	3	6	S,S	PCC	Moderado	
TR2.3.4 Fallas mecânicas nos meios de mistura	TR2.3.4.1 Máteria orgânica	1	4	4	S,S	PCC	Baixo	
TR2.3.5 Tempos de tratamento insuficientes	TR2.3.5.1 Máteria orgânica	2	3	6	S,S	PCC	Moderado	
	TR2.3.5.2 Substâncias químicas perigosas	2	3	6	S,S	PCC	Moderado	

TR3 - Vetores transmissores de doenças

Os perigos associados aos vetores transmissores de doenças são consequentes do armazenamento dos resíduos e das transmissões que podem surgir quer pela massa de ar, através dos odores, quer pelos seres vivos, como por exemplo aves.

TR3.1 - Transporte pela massa de ar

O PC relacionado com o transporte pela massa de ar é derivado aos odores existentes no aterro sanitário, que através da massa de ar, podem ser transportadores de doenças para zonas envolventes do aterro.

TR3.2 - Transporte por seres vivos

O PC dos perigos associados ao transporte por seres vivos é proveniente das ações que os seres vivos (animais roedores/insetos/aves) podem causar no cruzamento entre aterro e zonas fora do aterro.

Quadro 4.15. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Vetores transmissores de doenças – PCC13.

TR 3. Transporte por Massa de ar										
TR 3.1. Vetores transmissores de doenças										
Eventos perigos	Perigos			Caracterização de riscos			Arvore de decisão		Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo
	Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC					
TR3.1.1 Fugas de gases provenientes da decomposição dos resíduos na recolha e transporte	TR3.1.1.1 Metano	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	- Controlo periódico a saúde pública envolvente; -Obrigação de equipamento de proteção individual ao pessoal trabalhador do aterro;
	TR3.1.1.2 Gás carbónico	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	- Utilização de métodos de pulverização e outros métodos que insidam na massa de ar envolvente do aterro;
	TR3.1.1.3 Outros componentes (H_2S, O_2, H_2, CO, HN_3 Ee N_2)	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	- Ativação de sistema de emergência quando detetado primeiro foco de massa de ar poluída.
TR3.1.2 Fugas de gases provenientes da decomposição dos resíduos nas descargas	TR3.1.2.1 Metano	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	
	TR3.1.2.2 Gás carbónico	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	
	TR3.1.2.3 Outros componentes (H_2S, O_2, H_2, CO, HN_3 Ee N_2)	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	
TR3.1.3 Fugas de gases provenientes da decomposição dos resíduos nas zonas ao ar livre em aterro (montanagem do próprio aterro)	TR3.1.3.1 Metano	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	
	TR3.1.3.2 Gás carbónico	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	
	TR3.1.3.3 Outros componentes (H_2S, O_2, H_2, CO, HN_3 Ee N_2)	5	2	10	-	-	-	-	Moderado	

Quadro 4.16. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Vetores transmissores de doenças – PCC14.

TR 3. Vetores transmissores de doenças							PCC14
		Meio afetado: Saúde			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos	Class.	Respostas	PCC	Qualitativa de riscos
TR3.2.1 Transporte por todo o tipo de seres vivos (consoante o tipo de mobilidade e em função do modo de contágio)	TR3.2.1.1 Microorganismos patogénicos	5	2	10	-	-	Moderado
	TR3.2.1.2 Substâncias perigosas	5	2	10	-	-	Moderado

TR 3.2 Transporte por seres vivos

TR4 - Aspectos construtivos

Para este PC os perigos mais importantes surgem da estrutura do aterro, quer em termos de estrutura global do aterro sanitário, quer da manutenção dessa estrutura ao longo da vida do aterro sanitário.

Seguidamente, será exemplificada a metodologia a adotar neste PC.

TR4.1 - Estrutura do aterro

O PC relacionado com a estrutura do aterro engloba a parte estrutural, quer de impermeabilização e drenagem, quer de aterro e vias de acesso envolventes.

TR4.2 - Manutenção da estrutura

O PC dos perigos associados ao é manutenção da estrutura engloba todo o tipo de funcionalidades da estrutura do aterro, meios de drenagem e vias de acesso ao mesmo.

Quadro 4.17. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Aspetos construtivos – PCC15.

TR 4. Aspectos construtivos									
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente									
Eventos perigos	Perigos	Prob.	Caracterização de riscos		Árvore de decisão		Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo	
			Sev.	Class.	Respostas	PCC			
TR4.1.1 Local de implantação do aterro sanitário	TR4.1.1.1 Proximidade de focos populacionais	1	5	5	-	-	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo da região, principais benefícios e problemas associados à construção do aterro, permissão de acesso á documentação de estudo por pessoas especializadas; 	
	TR4.1.1.2 Dificuldade de criação de vias de acesso	1	3	3	-	-	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> -Obrigação de registos de projeto que inclua todo o tipo de informação necessária de apoio pós-construção; 	
TR4.1.2 Dimensionamento do aterro e órgãos associados	TR4.1.2.1 Incapacidade de dar resposta às necessidades dos focos populacionais abrangentes	1	3	3	S,S	PCC	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> - Obrigação de registo de estrutura na fase de construção; 	
	TR4.1.2.2 Sobredimensionamento e utilização de meios desnecessários	1	1	1	-	-	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização a todos os trabalhos estruturais executados; 	
TR4.1.3 Dimensionamento de impermeabilização do aterro	TR 4.1.3.1 Contaminação de meios hídricos e solo	1	5	5	S,S	PCC	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> -Criticação de sistema de emergência em caso de fugas provenientes da estrutura local. 	
TR4.1.4 Exclusão de cobertura do aterro	TR 4.1.4.1 Contaminação da massa de ar	1	3	3	-	-	Baixo		

Quadro 4.18. Esquema de quadro para avaliação do sistema: Aspetos construtivos – PCC16.

TR 4. Aspetos construtivos									
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente									
Eventos perigos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Qualitativa de riscos	Exemplos de medidas de controlo	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC			
TR4.2.1 Capacidade de expansão conforme necessidade de aumento populacional da região	TR 4.2.1.1 Esgotamento de meios	1	3	3	N,N	Não é um PCC	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> - Controlo de crescimento populacional; - Obrigação de sistemas alternativos para falhas dos elementos construtivos; - Criação de sistema de emergência em caso de fugas; - Supervisão aos elementos construtivos do aterro; - Obrigação de registo de erros detetados na estrutura na fase de construção; - Obrigação de registo de projeto e alterações no pós-construção e durante vida do aterro. 	
TR 4.2.2 Falha dos órgãos de captação - erros de dimensionamento	TR 4.2.2.1 Drenagem para o solo	1	5	5	S,S	PCC	Baixo		
TR4.2.3 Colapso da estrutura limitante do reservatório - possíveis erros de dimensionamento	TR 4.2.3.1 Drenagem para o solo	1	5	5	S,S	PCC	Baixo		
TR4.2.4 Estrutura do aterro geral	TR4.2.4.1 Acidente na estrutura de cobertura	1	3	3	S,S	PCC	Baixo		
	TR4.2.4.2 Colapso da estrutura limitante do aterro	1	5	5	S,S	PCC	Baixo		
	TR 4.2.4.3 Acidente na manta impermeabilizante	1	5	5	S,S	PCC	Baixo		

4.3. Monitorização operacional



MONITORIZAÇÃO OPERACIONAL

- Estabelecimento de procedimentos de monitorização;
- Estabelecimento de ações corretivas.



A constituição da monitorização operacional passa por uma etapa de verificação, de acordo com as ações estabelecidas para cada PCC, onde os respetivos procedimentos deverão ser organizados em planos de monitorização.

Para uma melhor compreensão é apresentado um exemplo de monitorização operacional, neste caso para a fase do processo de tratamento dos resíduos - compactação, quadro 4.19.

4.3.1. Estabelecimento de procedimentos de monitorização

Estabelecimento de procedimentos de monitorização para que a ação seja cumprida.

4.3.2. Estabelecimento de ações corretivas

Estabelecimento de ações corretivas em caso de incumprimento das ações constituídas.

Quadro 4.19. Exemplo de esquema de quadro para monitorização operacional, tratamento dos resíduos - compactação.

O quê?	Onde?	Como?	Quando?	Quem?	Ações corretivas		
Trabalhos de compactação dos resíduos	Aterro	Compactação mecânica	Diária	Entidade gestora do aterro	- Obrigação de uso de equipamento específico para manuseamento dos resíduos; - Acompanhamento nas atividades de compactação dos resíduos;		
Controlo de descarga sobre as camadas		Vigilância			-Obrigação de identificação de pessoas no acesso ao aterro;		
Supervisão da camada de impermeabilização		Registros			-Fiscalização á estrutura e meios associados, ativação do sistemas de alerta.		
Acesso de pessoas							
Sistema de emergência		Meios específicos					

4.4. Planos de gestão



PLANOS DE GESTÃO

- Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina;
- Estabelecimento de procedimentos para gestão de condições excepcionais;
- Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação.



Os planos de gestão devem descrever as ações a serem tomadas e conter documentação sobre avaliação e a monitorização do sistema. De seguida, são apresentados exemplos de fichas-resumo para gestão de rotina de PCC do sistema representado no diagrama de fluxo, figura 4.1.

4.4.1. Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina

De seguida é apresentado um exemplo para a gestão de rotina em algumas das fases deste sistema.

4.4.1.1. Gestão de rotina, Recolha

Para a gestão de rotina referente à recolha dos resíduos segue-se o seguinte exemplo:

Quadro 4.20. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Recolha.

PCC 1	F1 Recolha	F1.1 Recolha porta-a-porta		
Meio afetado: Saúde				
Eventos perigosos				
F1.1.3	Exposição de resíduos químicos			
F1.1.4	Exposição de resíduos tóxicos			
T1.1.5	Formação de lixiviados			
Perigos				
F1.1.3.1	Substâncias químicas perigosas			
F1.1.4.1	Substâncias tóxicas perigosas			
F.1.1.5.1	Derrame de lixiviados nas zonas de depósito			
Medidas de controlo				
<ul style="list-style-type: none"> - Fixação de pontos específicos para depósito de resíduos; - Informação sobre tipos de resíduos permitidos no depósito; -Garantir meios técnicos necessários para o bom acondicionamento dos resíduos; -Obrigação de seguros de saúde para funcionários; - Implantação de fiscalização de normas de depósito. 				
Monitorização operacional				
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Acção corretiva
Depósito de resíduos domésticos e recicláveis	Criação de pontos fixos		População	
Depósito de resíduos hospitalares	Criação de depósitos isolados	Diário	Entidade responsável pela formação dos resíduos	Penalização por parte das entidades gestoras
Depósito de resíduos industriais				
Informação do tipo de resíduos a expor	Através de comunicado			Reforço de informação
Informação de acondicionamento dos resíduos		Anual		Reforço de informação e penalização por parte das entidades gestoras
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais		Entidade de recolha	Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual
Limpeza dos pontos fixos	Meios específicos	Semanal		Controlo fiscal dos pontos e alerta de intervenções emergentes
Fiscalização	Cumprimento de normas			Criação de sanções

4.4.1.2. Gestão de rotina, Transporte

O seguinte exemplo de gestão de rotina é referente ao transporte direto da recolha para o aterro.

Quadro 4.21. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Transporte T1 – Transporte por camiões.

PCC 2	T1 Transporte direto	T1.1 Transporte por camiões			
Meio afetado: Saúde					
Eventos perigosos					
T1.1.2	Existência de resíduos químicos				
T1.1.3	Existência de resíduos tóxicos				
T1.1.4	Existência de resíduos hospitalares e industriais				
Perigos					
T1.1.2.1	Substâncias químicas perigosas				
T1.1.3.1	Substâncias tóxicas perigosas				
T1.1.4.1	Produtos químicos indesejáveis				
Medidas de controlo					
<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção dos equipamentos de transporte ; - Transporte feito por empresas especializadas; -Obrigação de informação sobre os resíduos a ser transportados (tempo e estado) -Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis do transporte; - Fiscalização ao estado dos equipamentos a longo prazo. 					
Monitorização operacional					
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Ação corretiva	
Transporte especializado	Mecânico	Diário	Entidade de recolha	Controlo fiscal sobre equipamentos	
Manutenção dos equipamentos	Limpeza e conservação			Reforço de informação	
Informação do tipo de resíduos expostos	Através de comunicado	Anual		Reforço de informação e penalização por parte das entidades gestoras	
Informação de acondicionamento dos resíduos				Obrigação de implementação de seguros	
Informação do estado dos resíduos	Seguros pessoais	Semanal		Criação de sanções	
Responsáveis pelo transporte					
Fiscalização	Cumprimento de nomas				

4.4.1.3. Gestão de rotina, Descarga

Para a gestão de rotina referente á descarga dos resíduos é apresentado os seguintes exemplos:

Quadro 4.22. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Descarga- A meio da capacidade.

PCC 5	D1 Aterro em exploração	D1.1 A meio da capacidade					
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente							
Eventos perigosos							
D1.1.2	Descarga de resíduos químicos						
D1.1.3	Descarga de resíduos tóxicos						
D1.1.4	Lixiviados						
D1.1.5	Construção das camadas						
Perigos							
D1.1.2.1	Substâncias químicas perigosas						
D1.1.3.1	Substâncias tóxicas perigosas						
D1.1.4.1	Microrganismos patogénicos						
D1.1.4.2	Produtos químicos indesejáveis						
D1.1.5.1	Desmoronamentos das camadas de resíduos						
D1.1.5.3	Acidentes na camada de impermeabilização						
Medidas de controlo							
<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das vias de acesso; - Fiscalização dos trabalhos de construção das camadas; - Obrigação de fiscalização às descargas; -Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis de descarga; -Supervisão aos meios de impermeabilização após descargas; - Ativação de sistema de alerta e registos de acontecimento. 							
Monitorização operacional							
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Ação corretiva			
Vias de acesso ao aterro	Efetuar vigilância	Mensal	Entidade gestora do aterro	Criação de vias alternativas			
Controlo de descargas		Diário		Criação de soluções de descargas alternativas			
Descarga sobre as camadas				Controlo de construção das camadas, alerta de falhas			
Supervisão da camada de impermeabilização				Obrigação de acompanhamento nas atividades de compactação dos resíduos, obrigação de ativação de sistema de alerta			
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais	Anual		Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual			
Sistema de emergência	Meios específicos	Diária		Ativação de sistema de alerta			

Quadro 4.23. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Descarga- No limite da capacidade.

PCC 6	D1 Aterro em exploração	D1.2 No limite da capacidade					
Meio afetado: Saúde P. e Ambiente							
Eventos perigosos							
D1.2.2	Descarga de resíduos químicos						
D1.2.3	Descarga de resíduos tóxicos						
D1.2.4	Lixiviados						
D1.2.5	Construção das camadas						
D1.2.6	Estrutura do aterro						
Perigos							
D1.2.2.1	Substâncias químicas perigosas						
D1.2.3.1	Substâncias tóxicas perigosas						
D1.2.4.1	Microrganismos patogénicos						
D1.2.4.2	Produtos químicos indesejáveis						
D1.2.5.1	Desmoronamentos das camadas de resíduos						
D1.2.5.3	Acidentes na camada de impermeabilização						
D1.2.6.1	Colapso da estrutura limitante do aterro						
Medidas de controlo							
<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das vias internas de acesso ao aterro; - Fiscalização dos trabalhos de construção das camadas; - Obrigação de fiscalização às descargas; -Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis de descarga; -Supervisão aos meios de impermeabilização após descargas; -Supervisão da capacidade do aterro; - Ativação de sistema de alerta e registo de acontecimento. 							
Monitorização operacional							
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Ação corretiva			
Vias de acesso ao aterro	Efetuar vigilância	Mensal	Entidade gestora do aterro	Criação de vias alternativas			
Controlo de descargas		Diário		Criação de soluções de descargas alternativas			
Descarga sobre as camadas				Controlo de construção das camadas, alerta de falhas			
Supervisão da camada de impermeabilização		Anual		Criação barreiras de proteção emergentes			
Supervisão da capacidade do aterro				Controlo de entrada do quantidades, criação de soluções alternativas			
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais	Diária		Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual			
Sistema de emergência	Meios específicos			Ativação de sistema de alerta			

4.4.1.4. Gestão de rotina, Aterro sanitário

Relativamente à fase de tratamento dos resíduos é apresentado o seguinte exemplo de ficha de rotina.

Quadro 4.24. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Compactação

PCC 7	TR1 Tratamento de resíduos	TR1.1 Compactação		
Meio afetado: Ambiente				
Eventos perigosos				
TR1.1.3	Concentração de resíduos químicos			
TR1.1.4	Concentração de resíduos tóxicos			
Perigos				
TR1.1.3.1	Substâncias químicas perigosas			
TR1.1.4.1	Substâncias tóxicas perigosas			
Medidas de controlo				
<ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização dos trabalhos de compactação; - Obrigação de fiscalização ás descargas; -Supervisão aos meios de impermeabilização nas ações de compactação das camadas; -Supervisão da capacidade do aterro; -Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis; -Proibição de acesso a pessoas não identificadas; - Ativação de sistema de alerta e registos de acontecimento. 				
Monitorização operacional				
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Acção corretiva
Trabalhos de compactação dos resíduos	Compactação mecânica			Obrigação de uso de equipamento específico para manuseamento dos resíduos
Controlo de descarga sobre as camadas	Efectuar vigilância	Diária	Entidade gestora do aterro	Acompanhamento nas atividades de compactação dos resíduos, obrigação de ativação de sistema de alerta
Supervisão da camada de impermeabilização				Obrigação de identificação de pessoas no acesso ao aterro
Acesso de pessoas	Efetuar registos			Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais	Anual		Fiscalização á estrutura e meios associados, ativação do sistemas de alerta
Sistema de emergência	Meios específicos	Diária		

Quadro 4.25. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Montagem

PCC 8	TR1 Tratamento de resíduos	TR1.2 Montagem		
Meio afetado: Ambiente				
Eventos perigosos				
TR1.2.3	Concentração de resíduos químicos			
TR1.2.4	Concentração de resíduos tóxicos			
TR1.2.8	Construção das camadas			
Perigos				
TR1.2.3.1	Substâncias químicas perigosas			
TR1.2.4.1	Substâncias tóxicas perigosas			
TR1.2.8.1	Acidente na manta impermeabilizante			
TR1.2.8.2	Colapso da estrutura limitante do aterro			
Medidas de controlo				
<ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização dos trabalhos de montagem das camadas; - Supervisão aos meios de impermeabilização após montagem das camadas; - Obrigação de seguros de saúde para os responsáveis; - Supervisão da capacidade do aterro; - Ativação de sistema de alerta e registos de acontecimento. 				
Monitorização operacional				
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Ação corretiva
Trabalho de montagem das camadas	Compactação mecânica	Diária	Entidade gestora do aterro	Obrigação de equipamento específico para manuseamento das camadas de resíduos
Supervisão da camada de impermeabilização	Efectuar vigilância			Obrigação de acompanhamento nas atividades de compactação dos resíduos, obrigação de ativação de sistema de alerta
Supervisão da capacidade do aterro				Registos de controlo de quantidades
Sistema de emergência	Meios específicos			Ativação de sistema de alerta
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais	Anual		Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual

Quadro 4.26. Exemplo de ficha para gestão de rotina, Tratamento de resíduos - Cobertura

PCC 9	TR1 Tratamento de resíduos	TR1.3 Cobertura		
Meio afetado: Ambiente				
Eventos perigosos				
TR1.3.1	Construção da cobertura			
Perigos				
TR1.3.1.2	Fuga de substâncias por evaporação			
TR1.3.1.3	Acidente na estrutura de cobertura			
TR1.3.1.4	Colapso da estrutura limitante do aterro			
Medidas de controlo				
<ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização dos trabalhos de montagem da cobertura; - Obrigação de fiscalização na execução do trabalho; - Supervisão da capacidade do aterro - Controlo do estado da cobertura a longo prazo 				
Monitorização operacional				
O quê?	Como?	Quando?	Quem?	Ação corretiva
Manuseamento da camada de cobertura	Compactação mecânica			Obrigação de equipamento específico para manuseamento do material de cobertura
Supervisão da capacidade do aterro		Diária		Registos de controlo de quantidades
Supervisão da camada de cobertura após finalização	Efectuar vigilância		Entidade gestora do aterro	Obrigação de confirmação de trabalho bem executado
Supervisão da camada de cobertura a longo prazo		Mensal		Obrigação de fiscalização de estrutura de cobertura a longo prazo
Proteção individual	Seguros e equipamento pessoais	Anual		Obrigação de implementação de seguros e uso de proteção individual

4.4.2. Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais

Para fazer face a situações que podem ocorrer de forma não controlada ou não estimada, ou seja, o caso de situações excepcionais, é aconselhado às entidades gestoras elaborarem um Plano de Contingência (exemplificado no quadro 4.27), que inclua planos de ações que deem resposta a casos de emergência. Apresentam-se na tabela 4.1 alguns exemplos de eventos excepcionais.

Tabela 4.1. Exemplos de eventos excepcionais (adaptado de Vieira e Moraes, 2005)

Tipo de evento	Descrição
Desastre natural	- Sismo - Ventos ciclónicos - Condições meteorológicas extremas
Ações humanas	- Vandalismos - Sabotagens/ Bioterrorismo - Depósitos de substância perigosas desconhecidas

Quadro 4.27. Exemplos de conteúdos de um Plano de Contingência (adaptado de Vieira e Morais, 2005)

Plano de Contingência
Capítulo I - Aspectos gerais
1. Objetivos e abrangências do Plano de Contingência
2. Índice
3. Data da última revisão
4. Informação geral sobre o sistema de tratamento dos resíduos
a. Designação do sistema de tratamento dos resíduos
b. Entidade gestora
c. Elemento(s) de constatação para o desenvolvimento e manutenção do Plano
d. Telefone, fax e endereço eletrónico dos elementos de contato
Capítulo II - Planos de emergência
1. Ocorrência
2. Resposta inicial
a. Procedimentos para notificações internas e externas
b. Estabelecimento de um sistema de gestão de emergências
c. Procedimentos para avaliação preliminar da situação
d. Procedimentos para estabelecimento de objetivos e prioridades de resposta a incidentes específicos
e. Procedimentos para a implementação do plano de ação
f. Procedimentos para a mobilização de recursos
3. Continuidade da resposta
4. Ações de encerramento e acompanhamento
Capítulo III - Anexos de suporte
Anexo 1 - Informação sobre o aterro
a. Mapas da estrutura do aterro
b. Esquema de funcionamento
c. Descrição de cada fase
Anexo 2 - Notificação
a. Notificações internas
b. Notificações à comunidade
c. Notificações a entidades oficiais
Anexo 3 - Sistema de gestão de resposta
a. Generalidades
b. Cadeia de comando
c. Operações
d. Planeamento
e. Instruções de segurança
f. Plano de evacuação
g. Logística
h. Finanças
Anexo 4 - Documentação de incidentes
Anexo 5 - Formação e simulações em contexto real
Anexo 6 - Análise crítica e revisão do plano e possíveis alterações
Anexo 7 - Análise de conformidade

4.4.3. Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação

Como referido anteriormente, o estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação passa pelo registo de informação essencial para avaliar a consistência do PSAS, e demonstrar o grau de coerência do sistema ao PSAS.

De seguida exemplifica-se o tipo de documentação e protocolos a associar ao PSAS:

- Relatórios periódicos para gerir os PCC
- Relatórios anuais para avaliar o funcionamento do PSAS
- Protocolos de comunicação

4.5. Validação e verificação do PSAS



VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO

- Avaliação do funcionamento do plano de segurança em aterros

A validação e verificação do funcionamento do PSAS poderão ser feitas através do preenchimento de uma *check-list*, onde constam os principais parâmetros que poderão ser auditados para validação e verificação do PSAS, exemplo demonstrado na figura 4.3.

Parâmetro ou elemento	Verificado	Observações
Constituição da equipa e atribuição de responsabilidades		
Diagrama de fluxo do sistema		
Identificação dos perigos		
Metodologia de avaliação de riscos (escalas de probabilidade de ocorrência; escala de severidade de consequência)		
Identificação de medidas de controlo		
Definição de pontos de controlo		
Metodologia de avaliação de PCC		
Definição de pontos de controlo críticos		
Medidas de controlo relacionadas a cada PCC		
Adequabilidade das medidas de controlo aplicadas		
Limites críticos definidos em cada PCC		
Definição do plano de monitorização		
Conjunto de ações corretivas		
Especificações dos produtos químicos usados no processo de tratamento		
Formação da equipa responsável pela operação do sistema		
Planos de manutenção preventiva do sistema		
Especificações de equipamentos utilizados		
Especificações do material usado na construção do aterro		
Análise dos registos dos dados do sistema (verificação das medidas de controlo)		
Análise das não-conformidades ocorridas		
Análise dos desvios dos LC que ocorreram no sistema e das ações corretivas aplicadas		
Verificação da adequabilidade dos planos de emergência		
Formação anual fornecida á equipa de trabalho		
Análise das propostas de alteração ao PSAS relativamente a medidas de controlo e limites críticos		
Análise da reavaliação anual do PSAS.		

Figura 4.3. Exemplo de *check-list* para verificação e validação do PSAS (adaptado de Vieira e Moraes, 2005).

5. CONCLUSÕES

No presente capítulo é apresentada sintetizadamente a conclusão da dissertação e algumas sugestões para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões

Este trabalho representou um novo desafio e um pequeno avanço para o sistema uniforme de trabalho dos aterros sanitários. Apesar da existência de vários estudos que comprovam a presença de perigos associados a resíduos e a aterros sanitários, há falta de documentação que obrigue e que generalize todo o processo.

Assim, o presente trabalho dá inicio à aplicação de um Plano de Segurança de Aterros Sanitários, evidenciando que é possível a adoção de novos conceitos de avaliação e gestão de riscos nos próprios.

Contudo, este plano generaliza que o tratamento dos resíduos não é apenas o depósito e a espera da compostagem, associa todo o processo que engloba os resíduos, focando-os como fontes de perigos quer para a saúde pública quer para saúde ambiental, desde a sua fase inicial de colheita até a fase da sua eliminação.

No plano foram detalhados procedimentos de gestão de rotina, estabelecendo ações corretivas que assegurassem o controlo de ações ultrapassadas na monitorização. No seguimento, este plano estabelece procedimentos para gestão em condições excepcionais, documentação e protocolos de comunicação quando uma ação é detetada fora dos parâmetros constituídos, são descritas a forma de validação e verificação da aplicação deste plano.

Finalizando, este trabalho foca e dá importância a determinados pontos essenciais do sistema a aplicar em aterros sanitários, bem como não deixa de dar importância à saúde dos próprios trabalhadores que incorporam as equipas de trabalho.

5. Conclusões

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Com base no estudo efetuado e com a iniciação ao plano de segurança de aterros sanitários estabelecido sugere-se para dar continuidade a este trabalho:

Aprofundar zonas de estudo generalizadas;

Análise aprofundada sobre novos métodos de tratamento de resíduos para possível enriquecimento do plano;

Aplicação da metodologia deste PSAS em caso real, avaliando eficiência e método escolhido;

Apelar a participação de uma entidade gestora de aterros sanitários neste projeto, salientando a mais-valia da sua existência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berriós, M.R. (2010) Riscos apresentados pelos aterros de resíduos sólidos em áreas de rede urbana densa no Brasil, Universidade de Coimbra.
- Braval (2013) Relatório Ambiental Anual, Braga.
- Gouveia, N. e Prado, R.R. (2010) Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos, Departamento de Medicina Preventiva, faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.
- Martinho, M.G.M. e Gonçalves, M.G.P. (2000) Gestão de resíduos, Universidade Aberta, Lisboa.
- Oliveira, J.F.S., Mendes, B. e Lapa, N. (2009) Resíduos: gestão, tratamento e sua problemática em Portugal, Lisboa: Lidel.
- TECHNEAU (2007) Identification and description of hazards for water supply systems
- United states Environmental Protection Agency (2012), www.epa.gov (último acesso Janeiro 2014)
- Vieira, J.M.P (2014) Landfill Safety Plan. Apresentação de estudo em congresso internacional em Luanda, Universidade do Minho.
- Vieira, J.M.P e Morais, C (2005) Plano de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho.

- WHO (2004) Guidelines for drinking-water quality, Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva (3rd edition).

