



# Gestão de resíduos produzidos num sistema de drenagem e tratamento de águas residuais

---

Mestrado em Engenharia Química - Tecnologias de Proteção Ambiental

Marlene Pimentel nº 1050925

**Orientadores:** Eng<sup>a</sup>. Cristina Morais, ISEP

Eng<sup>a</sup>. Sónia Figueiredo, ISEP

Dr<sup>a</sup>. Ana Pereira, Águas e Parque Biológico de Gaia



# Agradecimentos

---

Será impossível reconhecer aqui, individualmente, todos os professores, orientadores, colegas e amigos queridos que contribuíram para a realização deste trabalho, a quem desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

É com muita gratidão que agradeço às orientadoras, Doutora Leonilde Morais e Doutora Sónia Figueiredo, pela dedicação, disponibilidade e orientação que sempre demonstraram no decorrer da realização do presente trabalho.

À Doutora Ana Pereira que foi fundamental para a realização deste estágio. A sua orientação, entusiasmo, atenção e preocupação constantes foram sem dúvida uma mais-valia para o desenvolvimento deste trabalho.

Quem também ajudou bastante foi a Doutora Ana Lelis, que sempre se mostrou disponível para esclarecer dúvidas e apoiar-me a todos os níveis.

Também estou bastante agradecida à Engenheira Eunice Fonseca que me auxiliou na realização deste trabalho.

Ao Senhor Marinho, pela sua disponibilidade para as deslocações até à estação de tratamento temporário e ajuda na realização do tratamento.

Aos operários da Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, que ajudaram na realização deste trabalho e que sempre me fizeram sentir acarinhada ao longo do meu estágio.

Tenho a agradecer a todos os meus amigos pelo apoio e motivação que sempre demonstraram ao longo desta caminhada.

Aos meus estimados pais, Sebastião e Celeste, e querido irmão, Filipe, deixo aqui um agradecimento especial do fundo do meu coração, por tudo o que me têm proporcionado ao longo de toda a minha vida, e pelo encorajamento em seguir os meus sonhos perante todas as adversidades.

Ao meu namorado João Freitas, pela paciência, capacidade de me motivar nos meus momentos de fraqueza e por estar sempre do meu lado, os meus sinceros agradecimentos.



# Sumário

---

O presente trabalho centra-se na gestão de resíduos produzidos no sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do município de Vila Nova de Gaia. A entidade onde decorreu o trabalho é uma empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais. A empresa está certificada pela norma NP EN ISO 14001, desde 2001, sendo então um dos objectivos o enquadramento da gestão dos resíduos em estudo na referida norma, acompanhando os requisitos da mesma com vista ao seu total cumprimento.

Outros dos objectivos foi estudar qual a opção de tratamento mais adequada a aplicar ao resíduo no seu local de armazenamento temporário com vista a minorar os seus impactes ambientais. De acordo com a caracterização analítica do resíduo e com os aspetos legais aplicáveis, foram também analisados os destinos finais possíveis e ambientalmente adequados ao resíduo.

A medida proposta para a minimização de impactes no local de armazenamento temporário do resíduo foi a estabilização com cal nos leitos de secagem, disponíveis numa antiga ETAR de loteamento. O doseamento de cal a aplicar ao resíduo será de 10 kg de cal apagada comercial ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por uma tonelada de resíduo fresco com um período mínimo de secagem de 2 meses. Outra das medidas de minimização de impactes seleccionada foi a implantação de uma cortina arbórea ao redor da instalação.

Sendo o resíduo em estudo muito heterogéneo, constituído principalmente por areias, terras e gradados, a valorização foi equacionada mas não foram encontrados alternativas viáveis. O destino final considerado como mais adequado tendo em conta todas as características do resíduo e eluato, analisadas de acordo com o previsto no Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, foi o aterro para resíduos não perigosos.

Foi também objecto do estudo a identificação e análise de todos os aspectos ambientais relacionados com a gestão de resíduos e a avaliação da sua significância. Dos aspectos ambientais identificados como significativos, destacam-se aqueles que ocorrem presentemente, os resíduos armazenados (gradados/limpeza de redes), e os que podem ocorrer em situações de emergência, fuga/derrame de óleos/combustíveis e cheiros/odores.

De forma a minimizar os aspectos ambientais identificados, e de acordo com a norma NP EN ISO 14001, foram propostas ações que constam de um programa de gestão elaborado para este trabalho, onde se definem os objectivos, metas e prazos. As principais medidas propostas no programa de gestão foram:

- Estabilização com cal (inicial e reforço se necessário);

- melhoria do espaço envolvente;
- análise de questões de saúde ocupacional/segurança;
- adjudicação de prestação de serviços da recolha por operador licenciado;
- implantação da cortina arbórea;
- registo no SIRAPA;
- criação de planos de emergência ambiental e de segurança.

**Palavras-chave:** estabilização com cal, gestão de resíduos, programa de gestão ambiental, resíduos.

# Abstract

---

This thesis is focused on the management of waste products produced by Vila Nova de Gaia's drainage and waste water treatment system. The company is certified by the standard NP EN ISO 14001, since 2001. One of the proposed objectives was the framing of waste management in the referred standard, checking its requisites so that the standard is fully fulfilled.

The other objective was the study of the best waste treatment, taking into consideration, the waste's temporary storage location, so that any eventual environmental impact is minimized. According to the waste's analytical characterization and to the applicable regulations, possible and environmental suitable final deposition for the waste was studied.

The proposed measure to decrease hazards in the waste's temporary storage location was the stabilization with lime, in the drying beds available in an old wastewater treatment plant. The  $\text{Ca(OH)}_2$  dosage applied to the waste will be of 10 kg per ton of fresh solid waste, and a drying period of two months. Another proposed measure was the implementation of an arboreal curtain around the facilities.

The studied waste is very heterogeneous, being constituted by sands, earth and screenings. Nevertheless its valorization has been considered, there were no means found to valorize the waste. The waste's final storage location, after considering its characteristics along with legal requisites, was a landfill for non-dangerous waste.

This thesis is also focused on the identification and analysis of all environmental aspects, related to waste management and the assessment of their importance. The three key identified aspects that occur/may occur nowadays are:

- leaks/oil leakage/combustibles;
- smells and odors;
- residues: screenings/sewage network cleaning (storage).

In order to decrease the identified environmental aspects and according to the standard NP EN ISO 14001, several actions were proposed that are included into a management program of waste elaborated by this thesis, where objectives, goals and deadlines are defined. The major measures methods were:

- $\text{Ca(OH)}_2$  stabilization (initial and reinforcement if necessary);
- improvement of the surrounding area;
- analysis of health occupational/safety issues;
- adjudication of pickup services by a graduate operator;

- implementation of an arboreal curtain;
- registry in SIRAPA;
- creation of environmental and safety emergency plans.

**Keywords:** environmental management of waste, lime stabilization, waste, waste management.

# Índice

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2	OBJECTIVOS DO ESTUDO	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>ORIGEM DOS RESÍDUOS E BREVE ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1	ORIGEM DOS RESÍDUOS E O DESTINO FINAL PREVISTO	5
2.2	ANÁLISE DAS OPÇÕES DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS	6
2.2.1	<i>Leitos de secagem</i>	7
2.2.2	<i>Estabilização</i>	8
2.2.2.1	Tratamento químico	8
2.2.2.2	Tratamento térmico	9
2.2.2.3	Tratamentos biológicos	9
2.3	SELEÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO A SER UTILIZADO	10
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>ENQUADRAMENTO LEGAL</b>	<b>11</b>
3.1	DECRETO-LEI N.º 73/2011- REGIME GERAL APLICÁVEL À PREVENÇÃO, PRODUÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS	11
3.2	PORTARIA 209/2004 – APROVA A LISTA EUROPEIA DE RESÍDUOS	13
3.3	PORTARIA N.º 335/97 – TRANSPORTES DE RESÍDUOS	14
3.4	DECRETO-LEI N.º 183/2009 – DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM ATERRO	15
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>A GESTÃO DE RESÍDUOS E A NORMA ISO 14001</b>	<b>21</b>
4.1	PRINCÍPIOS BASE	21
4.2	PLANEAMENTO	22
4.2.1	<i>Aspectos ambientais</i>	22
4.2.2	<i>Conformidade legal / outros requisitos</i>	23
4.2.3	<i>Objectivos, metas e programas</i>	24
4.3	IMPLEMENTAÇÃO	25
4.3.1	<i>Recursos, atribuições, responsabilidade e autoridade</i>	25
4.3.2	<i>Competência, formação e sensibilização</i>	25
4.3.3	<i>Comunicação. Documentação e controlo dos documentos</i>	25
4.3.4	<i>Controlo operacional. Preparação e resposta a emergências</i>	26
4.4	VERIFICAÇÃO	26
4.4.1	<i>Monitorização e medição</i>	26
4.4.2	<i>Avaliação da conformidade, não conformidades, ações corretivas e preventivas</i>	27
4.4.3	<i>Controlo de registos</i>	27
4.4.4	<i>Auditoria interna</i>	27
4.5	REVISÃO PELA GESTÃO	28

<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>29</b>
5.1	ASPECTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS .....	29
5.2	AVALIAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA DOS ASPECTOS AMBIENTAIS .....	31
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL A IMPLEMENTAR .....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>43</b>
7.1	CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA DO RESÍDUO .....	43
7.2	ENSAIOS LABORATORIAIS DE ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA POR ADIÇÃO DE CAL.....	43
7.3	ENSAIO PILOTO .....	44
7.4	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO ESTABILIZADO.....	44
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO DO TRABALHO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>47</b>
8.1	DOSAGEM ÓPTIMA DE CAL .....	47
8.2	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO.....	48
8.3	CARATERIZAÇÃO DO ELUATO.....	50
<b>CAPÍTULO 9</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>53</b>
	<b>LISTA DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO A VALORES DOS LIMITES DE LIXIVIAÇÃO .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO B BOLETIM DE ANÁLISE AO ELUATO .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO C CÁLCULOS.....</b>	<b>65</b>
C.1	CÁLCULO DO TEOR DE HUMIDADE .....	65
C.2	CÁLCULO PARA A DOSAGEM ÓPTIMA DE CAL .....	65
C.3	DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS.....	65
C.4	CÁLCULOS PARA A DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS .....	66
C.5	CÁCULOS PARA A DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SULFATOS .....	67
C.6	ANÁLISE DE METAIS .....	68
C.7	PREPARAÇÃO DO ELUATO.....	73

## Índice de Figuras

Figura 1.1. ETARs em Vila Nova de Gaia (Águas de Gaia, 2012) .....	2
Figura 2.1. Esquema de uma rede de saneamento de águas residuais (Cesan, 2012) .....	5
Figura 2.2. Organigrama das fases identificáveis nos vários processos de gestão de resíduos (adaptado de Oliveira e Lapa, 2009) .....	6
Figura 2.3. Vista Superior e em corte (método americano) de um leito de secagem típico (Metcalf e Eddy, 1991) .....	7
Figura 4.1 Sistema de gestão ambiental pela norma NP EN ISO 14001 .....	22
Figura 4.2 Diagrama dos objectivos e metas (APCER, norma 14001, 2009) .....	24
Figura 8.1 Resíduo após chegada aos leitos de secagem .....	49
Figura 8.2 Resíduo com um mês de tratamento .....	49
Figura 8.3 Resíduo no final do tratamento .....	50
Figura C.1 Representação gráfica da curva de calibração para os Sulfatos .....	67
Figura C.2 Representação gráfica da curva de calibração para o Zinco .....	68
Figura C.3 Representação gráfica da curva de calibração para o Cádmio .....	69
Figura C.4 Representação gráfica da curva de calibração para o Cálcio .....	70
Figura C.5 Representação gráfica da curva de calibração para o Crómio Total .....	70
Figura C.6 Representação gráfica da curva de calibração para o Cobre .....	71
Figura C.7 Representação gráfica da curva de calibração para o Níquel .....	72
Figura C.8 Representação gráfica da curva de calibração para o Chumbo .....	72



## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 Lista Europeia de Resíduos (Portaria n.º 209/2004) .....	13
Tabela 5.1 Matriz de identificação e avaliação de aspectos ambientais (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, 2009).....	34
Tabela 6.1 Programa de gestão criado em abril de 2012 .....	41
Tabela 6.2 Primeiro acompanhamento do programa de gestão em outubro de 2012 .....	42
Tabela 8.1 Variação do pH em função da quantidade de cal adicionada (% CaO), 1º ensaio.....	47
Tabela 8.2 Variação do pH em função da quantidade de cal adicionada (% Ca(OH) <sub>2</sub> ), 2º ensaio.....	47
Tabela 8.3 Resultados da caracterização do resíduo em estudo ao longo do tratamento .....	49
Tabela 8.4 Resultados da análise ao eluato e valores limite de lixiviação para admissão em aterro para resíduos não perigosos .....	51
Tabela A.1 Valores limite de lixiviação para resíduos não perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009) .....	61
Tabela A.2 Valores limite de lixiviação para resíduos perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009) .....	61
Tabela A.3 Outros valores limite para resíduos perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009) .....	62
Tabela B.1 Boletim de análise do eluato em Novembro de 2009, fornecido pela empresa de distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais .....	63
Tabela C.1 Valores experimentais para o cálculo da humidade .....	65
Tabela C.2 Resultados experimentais e cálculos para a concentração de SDT no resíduo .....	66
Tabela C.3 Resultados experimentais e cálculos para a concentração de cloretos no resíduo .....	66
Tabela C.4 Registo da absorvância e cálculo do teor de sulfatos .....	68
Tabela C.5 Registo da absorvância e cálculo do teor de Zinco .....	69
Tabela C.6 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cádmio .....	69
Tabela C.7 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cálcio .....	70
Tabela C.8 Registo da absorvância e cálculo do teor de Crómio total .....	71
Tabela C.9 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cobre .....	71
Tabela C.10 Registo da absorvância e cálculo do teor de Níquel.....	72
Tabela C.11 Registo da absorvância e cálculo do teor de Chumbo.....	73
Tabela C.12 Resultados dos cálculos efectuados para a preparação do eluato .....	74



## Capítulo 1 Introdução

### 1.1 Enquadramento Geral

A produção de resíduos, sob várias formas, deriva quase inequivocamente de todas as atividades decorrentes do ser humano. Todos os bens materiais, inevitavelmente, acabam por se transformar em resíduos quando atingem o fim de vida. Todos os processos de produção geram resíduos, até mesmo os processos de valorização.

O desenvolvimento ambientalmente sustentável tem por objectivo permitir à humanidade atingir melhores níveis de vida que propiciem a satisfação das necessidades do dia-a-dia, sem prejudicar o futuro das gerações seguintes. Uma vez que a problemática dos resíduos ocupa uma grande parcela dos impactes ambientais resultantes do desenvolvimento das sociedades, a gestão sustentável dos resíduos é fundamental e deve constituir uma prioridade.

Define-se como resíduo qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer (Decreto-Lei n.º 73/2011). De acordo com a sua origem, existem várias tipologias de resíduos, nomeadamente resíduos urbanos, industriais, agrícolas, hospitalares e resíduos de construção e demolição. De acordo com um conjunto de características (ex: se não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas; se tem características perigosas) são genericamente classificados em resíduos inertes, resíduos perigosos e não perigosos.

Quaisquer resíduos, dependendo da sua quantidade e perigosidade, se rejeitados diretamente para o ambiente sem qualquer tratamento, constituem um risco muito grande para a saúde humana e para o ambiente podendo provocar impactes irreversíveis. De forma a minorar esses efeitos, a gestão de resíduos tem tido progressos consideráveis nos últimos tempos em Portugal e no resto da Europa.

A gestão de resíduos inclui as operações de recolha, transporte, armazenamento, triagem, tratamento, valorização e eliminação, incluindo a monitorização e planeamento de todas as operações (Agência Portuguesa do Ambiente, 2008).

A empresa onde decorreu o trabalho é responsável pela distribuição de água para consumo humano, pela drenagem e tratamento de águas residuais, pela gestão do sistema municipal de resíduos sólidos urbanos de Vila Nova de Gaia e ainda pela gestão das redes de águas residuais pluviais, limpeza e requalificação das ribeiras e orla marítima do concelho.

O crescimento acentuado dos agregados populacionais no concelho de Vila Nova de Gaia, onde se situa a empresa, tem exigido o abastecimento de maior quantidade de água e consequentemente a instalação de sistemas de drenagem mais extensos e modelos de

gestão que melhor se adaptem às novas exigências a nível de quantidades e cargas orgânicas das águas residuais.

A rede de drenagem de águas residuais atinge atualmente 1215 km ao longo da qual são transportados os efluentes para serem devidamente tratados em 5 ETARs (estações de tratamento de águas residuais) cobrindo a quase totalidade do concelho. Existem 85 EEAR (estações elevatórias de águas residuais) que em conjunto com a rede emissária do sistema garantem o transporte até às ETARs (Figura 1.1) (Águas de Gaia, 2012).



**Figura 1.1. ETARs em Vila Nova de Gaia (Águas de Gaia, 2012)**

As águas residuais com origem, nomeadamente em residências, instituições, estabelecimentos comerciais e industriais contêm uma elevada quantidade de sólidos que tem de ser removida durante o circuito de drenagem e tratamento, de forma a atingir o meio receptor com a menor concentração possível. Nas estações elevatórias de águas residuais é feito um tratamento preliminar através de grades mecânicas para remoção de sólidos de maiores dimensões.

Este trabalho irá centrar-se na gestão de resíduos produzidos no sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do município de Vila Nova de Gaia.

Os resíduos objecto de estudo são provenientes de operações de limpeza, manutenção e desobstrução dos sistemas de gradagem das EEAR e também da rede de drenagem a montante das EEAR. Esses resíduos, são constituídos essencialmente por uma mistura de terras, areias e gradados de composição diversa, e são armazenados temporariamente numa antiga ETAR de Loteamento, hoje desativada.

Uma ETAR de loteamento é uma instalação que trata águas residuais de uma urbanização ou de zonas industriais quando estas não possuem um colector ligado a uma

rede de saneamento. Quando o colector é instalado e ligado à rede, a ETAR de loteamento fica desativada, o que aconteceu na ETAR em estudo.

A antiga ETAR de Loteamento acima referida, funcionava com um sistema de lamas ativadas por arejamento prolongado. As lamas resultantes eram tratadas por digestão anaeróbia, sendo depois depositadas para desidratação em oito leitos de secagem cujos filtros eram constituídos por uma mistura de brita e areia. As escorrências resultantes da secagem eram encaminhadas através de um circuito interno de volta à cabeça da instalação ou ao tanque de arejamento. O efluente tratado era descarregado no curso de água da ribeira de Jaca.

Atualmente, os leitos de secagem ainda estão em funcionamento, com ligação ao coletor de águas residuais. Os resíduos recolhidos são então depositados nos referidos leitos de secagem, sendo os lixiviados resultantes recolhidos por caleiras laterais aos leitos e encaminhados pelo colector de águas residuais até uma ETAR.

Apesar de a instalação já estar a ser utilizada para armazenamento daqueles resíduos, ainda está numa fase inicial do seu funcionamento. A licença de operações de gestão de resíduos foi atribuída em 2011 e está em curso a implementação de todas as medidas definidas na licença, bem como outras relacionadas com requisitos legais e outros requisitos de melhoria definidos pela empresa.

## 1.2 Objectivos do Estudo

O desenvolvimento sustentável pressupõe o estabelecimento de um sistema de gestão de resíduo acessível, eficaz e com práticas verdadeiramente sustentáveis.

Neste contexto, um dos objectivos deste trabalho será o acompanhamento de todo o circuito de gestão dos resíduos da limpeza das redes de saneamento e EEAR, desde a sua origem ao destino final, analisando as opções de tratamento mais adequadas a aplicar ao resíduo no seu local de armazenamento com vista à minimização dos impactes ambientais, como a redução de odores e medidas a adoptar para a redução dos impactes visuais. É estudada a hipótese de uma estabilização química com cal, procurando-se o doseamento mais adequado a aplicar, através de um ensaio piloto e análises laboratoriais.

De acordo com a caracterização analítica do resíduo e com os aspetos legais aplicáveis, serão também analisados os destinos finais possíveis e ambientalmente adequados ao resíduo.

Serão também identificados e analisados todos os aspetos ambientais relacionados com a gestão do referido resíduo e avaliada a sua significância, bem como proposto um programa de gestão ambiental com vista, por um lado ao cumprimento dos requisitos legais,

#### 4 | Gestão de resíduos produzidos num sistema de drenagem e tratamento de águas residuais

bem como aos definidos na licença da instalação, e por outro ao estabelecimento de objetivos e metas que permitam a melhoria contínua do desempenho ambiental durante todo o circuito de gestão do resíduo.

## Capítulo 2 Origem dos Resíduos e Breve Enquadramento Teórico

### 2.1 Origem dos resíduos e o destino final previsto

Os resíduos, alvo deste estudo, tal como já referido, resultam de operações pontuais de limpeza e desobstrução das redes de saneamento e dos órgãos de gradagem de estações elevatórias de águas residuais.

Na Figura 2.1 esquematiza-se uma rede de saneamento típica.

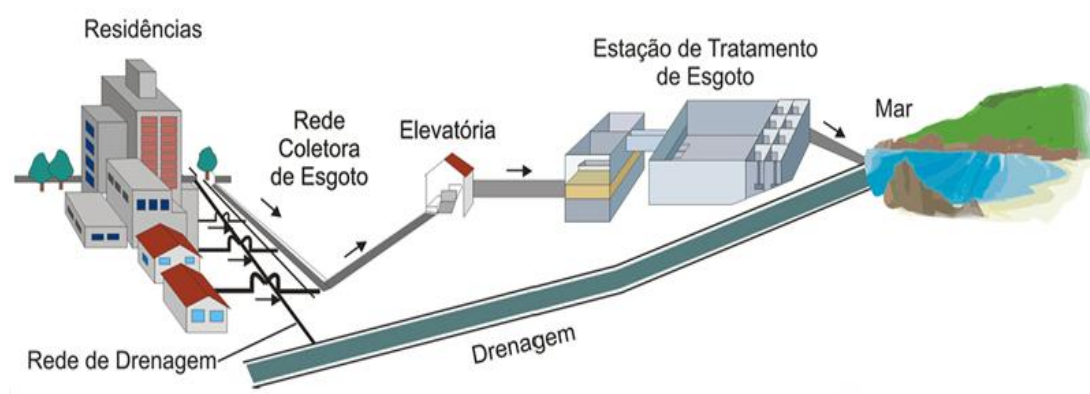


Figura 2.1. Esquema de uma rede de saneamento de águas residuais (Cesan, 2012)

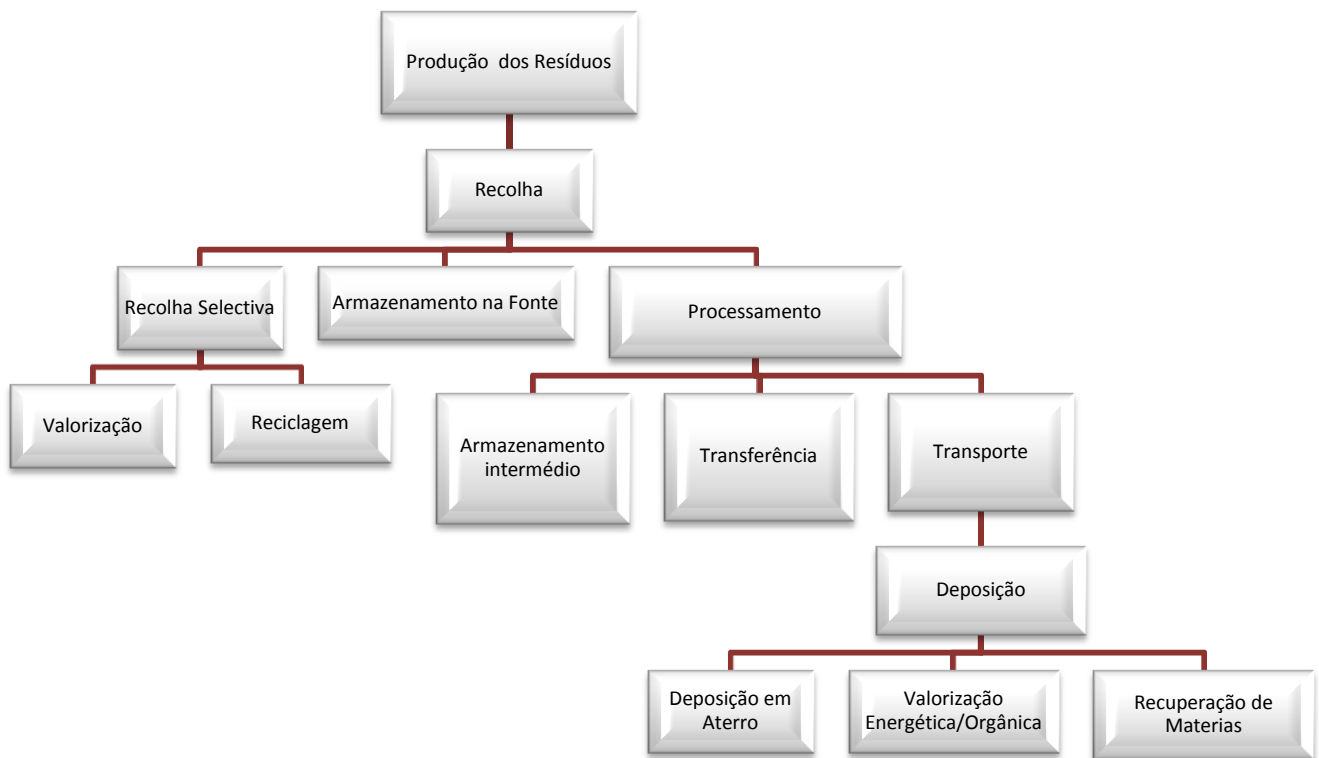
Nas operações de limpeza e desobstrução, feitas por meios próprios da empresa ou através de empresas subcontratadas, os resíduos são recolhidos e transportados até à antiga ETAR de loteamento onde são depositados nos leitos de secagem, como forma de armazenamento, prevendo-se, no futuro a sua estabilização química com cal, alvo de estudo no presente trabalho.

Periodicamente, e uma vez que os leitos de secagem não serão o destino final dos resíduos, será necessário recolher os resíduos tratados, e encaminhá-los para o seu destino final. O transporte nesta fase poderá vir a ser feito pela própria empresa, ou por outra empresa subcontratada, devidamente licenciada para o efeito.

O destino final poderá ser a sua deposição em aterro, ou a sua valorização, dependendo das opções que se considerem ambientalmente mais favoráveis, técnica e economicamente, e que respeitem a legislação em vigor.

## 2.2 Análise das opções de tratamento dos resíduos

Os resíduos quando são produzidos passam a constituir um problema a diferentes níveis, ambiental, jurídico, económico e outros. Segundo Oliveira e Lapa (2009), o organigrama do processo de recolha, transporte, reutilização, processamento e deposição do resíduo apresenta-se na Figura 2.2.



**Figura 2.2. Organigrama das fases identificáveis nos vários processos de gestão de resíduos (adaptado de Oliveira e Lapa, 2009)**

É fundamental o desenvolvimento de uma estratégia integrada para a melhoria da gestão de resíduos.

O resíduo em estudo, pela sua origem e composição, contém elevado número de microrganismos, podendo estes ser patogénicos. Por outro lado, podem também conter poluentes como metais tóxicos que poderão contaminar o solo, caso o resíduo seja aí depositado diretamente sem qualquer tratamento.

Assim, é importante estudar métodos e técnicas de forma a reduzir o potencial poluente do resíduo.

Em seguida serão apresentados alguns tratamentos aplicados no âmbito da gestão dos resíduos e analisados os que melhor se adequam ao resíduo em estudo.

### 2.2.1 Leitos de secagem

Os leitos de secagem foram as primeiras unidades a ser usadas para a secagem de lamas, sendo este método ainda muito utilizado em ETARs de pequena dimensão. Estas unidades têm como objectivo fornecer condições adequadas para a deposição dos resíduos (Menezes et al., 2006). A água é removida para concentrar os sólidos, diminuindo assim o seu volume. Trata-se genericamente de uma separação sólido-líquido. É utilizado um meio que permite o escoamento da água e a evaporação ocorre devido à exposição ao ar ambiente.

Segundo Metcalf e Eddy (1991), as vantagens associadas aos leitos de secagem são o seu baixo custo e o facto de exigirem pouca manutenção por parte do operador e permitirem obter elevada concentração de sólidos na lama seca.

Existem quatro tipos de leitos de secagem utilizados:

- areia convencional;
- pavimentado;
- meios artificiais;
- vácuo-assistido.

O meio de drenagem mais vulgarmente utilizado para leitos de secagem é o de areia convencional, visto ser o mais económico. Na Figura 2.3 pode ser visualizado um leito de secagem típico.

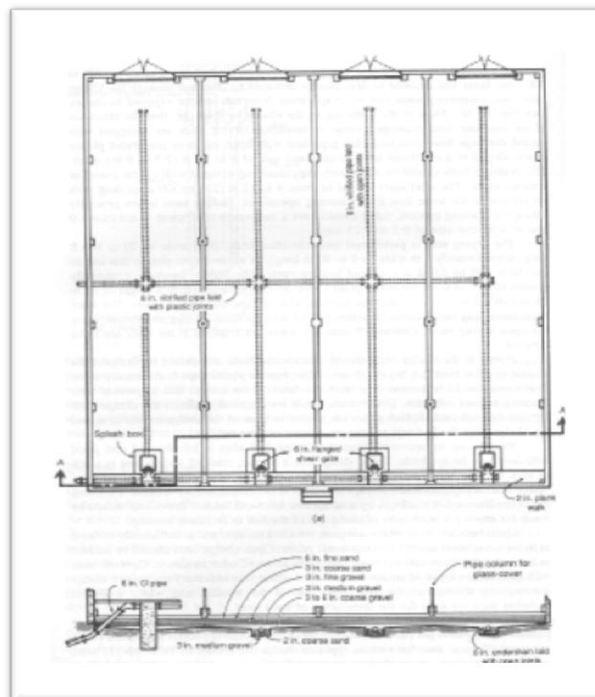


Figura 2.3. Vista Superior e em corte (método americano) de um leito de secagem típico (Metcalf e Eddy, 1991)

Esta operação física, usada para diminuir tanto o volume como a humidade das lamas, tem grande importância pois irá reduzir o custo do transporte e deposição no seu destino final, além disso as lamas desidratadas serão mais fáceis de manipular.

Este tipo de tratamento será o aplicado aos resíduos provenientes de operações pontuais de manutenção, limpeza e desobstrução das redes de saneamento e de órgãos de gradagem das estações elevatórias do município de Gaia.

### **2.2.2 Estabilização**

O objectivo da estabilização dos resíduos é reduzir a quantidade de microrganismos patogénicos, eliminar odores desagradáveis e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefacção, o que se relaciona com os efeitos do processo de estabilização sobre a fracção orgânica ou volátil dos resíduos.

A libertação de odores, a putrefacção e a sobrevivência dos microrganismos patogénicos ocorre quando se criam condições para os microrganismos se desenvolverem na fracção orgânica do resíduo. Os mecanismos de estabilização podem envolver a redução biológica do teor de voláteis, a oxidação química da matéria volátil, a adição de produtos químicos para inibição do crescimento da população microbiana e a aplicação de calor de forma a esterilizar ou desinfectar o resíduo (Metcalf e Eddy, 1991).

Existem várias tecnologias para a estabilização de resíduos tais como a estabilização com cal, o tratamento térmico, a digestão anaeróbia, a compostagem e a digestão aeróbia (Metcalf e Eddy, 1991). Será feita uma breve abordagem a estes métodos nos pontos seguintes.

#### **2.2.2.1 Tratamento químico**

A cal é dos materiais mais utilizados para a estabilização de resíduos, pois ao ser adicionada em quantidade suficiente para elevar o valor de pH a 12 ou superior reduz o teor microbiano das lamas, bem como a disponibilidade de metais pesados. O elevado pH evita a sobrevivência dos microrganismos e não permite a decomposição dos resíduos que iria criar odores e ser um potencial risco para a saúde pública. Estudos realizados concluíram que este aumento do pH pode resultar no aumento da fixação de metais devido a reações de hidrólise dos metais e também da co-precipitação de carbonatos (Samaras et al., 2008; Wang et al., 2006; Oliveira et al., 2009).

Para este tratamento pode ser utilizada cal apagada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , ou cal viva,  $\text{CaO}$ . Como alternativa à cal podem ser utilizadas cinzas volantes, pó de forno de cimento e carbonato

de cal, pois apresentam quantidades de cálcio e óxidos de magnésio, dependendo das fontes de carvão, semelhantes ao da cal (Metcalf e Eddy, 1991; Samaras et al., 2008).

### **2.2.2.2 Tratamento térmico**

O tratamento térmico é um processo contínuo no qual o resíduo é aquecido num tanque pressurizado a temperaturas até 260 °C e pressões que podem atingir 27,6 bar, por curtos períodos. Este tipo de tratamento é essencialmente de estabilização mas também um processo de condicionamento, pois quando os sólidos são sujeitos a altas temperaturas e pressões estes libertam a água contida no resíduo e dá-se a coagulação dos sólidos (Metcalf e Eddy, 1991).

### **2.2.2.3 Tratamentos biológicos**

#### Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo microbiológico (fermentação anaeróbia) que permite transformar a matéria orgânica em metano e dióxido de carbono (biogás), na ausência de oxigénio.

A digestão anaeróbia é uma das mais antigas formas de tratamento biológico de águas residuais que continua a ser um método muito utilizado hoje em dia quer aplicado ao tratamento de águas residuais quer ao de lamas devido às melhorias conseguidas ao longo dos anos. Essas melhorias permitiram a conservação e recuperação de energia e também a obtenção de lamas que podem ser utilizadas, em certas circunstâncias, diretamente em solos agrícolas ou então proceder-se ao fabrico de composto, também de utilização agrícola. Sendo também uma vantagem a possibilidade de valorizar energeticamente o biogás produzido.

O processo da digestão anaeróbia realiza-se através de uma cadeia sequencial de percursos metabólicos e requer a ação combinada e coordenada de diferentes grupos tróficos de bactérias. A temperatura de operação assume grande influência na eficiência deste processo devido a atividade microbiana, as temperaturas ótimas na gama mesófila estão entre 30 a 38 °C e na gama termófila entre 49 a 57 °C. Os tempos de operação variam entre 15 a 40 dias para a digestão mesófila e 14 dias para digestão termófila (Alves, 1998; Metcalf e Eddy, 1991).

#### Digestão aeróbia

Na digestão aeróbia os microrganismos degradam a matéria orgânica na presença de oxigénio. Este tratamento é principalmente usado no tratamento de lamas biológicas (primárias e secundárias).

Este método tem como especificações a necessidade de ser realizado em tanques abertos em que a concentração de oxigénio deve ser mantida acima de 1 mg/L e o tempo de residência médio ser de 12 a 60 dias dependendo da temperatura (Metcalf e Eddy, 1991; Soares, 2007).

### Compostagem

A compostagem é uma alternativa rentável e amiga do ambiente para a estabilização dos resíduos. Devido a regulamentação mais apertada em relação às emissões atmosféricas e à eliminação em aterro, esta é cada vez mais uma opção a ser equacionada para a gestão de resíduos.

A compostagem é um processo em que o material orgânico sofre uma degradação biológica dando origem a um material húmico, que tem nome de composto. À medida que o material é degradado, o composto aquece para temperaturas de 50-70°C, como resultado do calor produzido biologicamente, e durante este processo cerca de 20-30% de sólidos voláteis são convertidos em dióxido de carbono e água. Este processo permite produzir um produto estável, isento de microrganismos patogénicos, produto que poderá ser aplicado para fertilização do solo (Metcalf e Eddy, 1991; Caetano, 2011; Soares, 2007).

## **2.3 Seleção do processo de tratamento a ser utilizado**

A seleção do processo de tratamento depende das características do resíduo e dos meios existentes na instalação para o tratamento.

O resíduo objeto deste trabalho é muito heterogéneo na sua composição. Por outro lado, a quantidade a tratar é sempre muito variável e dependente das necessidades relacionadas com as operações de manutenção e limpeza planeadas no sistema de drenagem.

Os tratamentos térmicos e biológicos seriam muito mais dispendiosos e visto que instalação é só de armazenamento temporário não justificaria tal investimento, outra consideração tomada para a escolha do tratamento prendeu-se com a existência dos leitos de secagem na instalação o que permite minimizar os custos de investimento para a realização do tratamento

O tratamento com cal parece ser a opção mais adequada e económica em comparação com os restantes tratamentos aqui descritos, que exigiriam um maior investimento.

Pensa-se que, pelas razões apontadas, a secagem do resíduo nos leitos de secagem existentes, seguido do tratamento com cal, será suficiente para garantir a minimização dos impactes no local e a transformação do resíduo fresco num resíduo mais estabilizado e menos nocivo para o ambiente.

## Capítulo 3 Enquadramento Legal

A legislação em matéria de ambiente sofre constantes atualizações, para além de novas publicações, pelo que o acompanhamento da legislação é fundamental.

Por conseguinte, é feita uma breve abordagem aos principais diplomas que se relacionam diretamente com a atividade de gestão de resíduos em causa, e que condicionam as opções tecnológicas, objectivos e metas ambientais a definir e implementar.

### 3.1 Decreto-Lei n.º 73/2011- Regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos

O Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho (transposição da Diretiva 2008/98/CE diretiva quadro dos resíduos) altera o Decreto-Lei n.º de 178/2006, de 5 de Setembro que estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos, o qual esteve na base do licenciamento da instalação de armazenamento temporário de resíduos.

O diploma é aplicável às operações de gestão de resíduos, destinadas a prevenir ou reduzir a produção de resíduos, o seu carácter nocivo e impactes adversos decorrentes da sua produção e gestão, bem como a diminuição dos impactes associados à utilização dos recursos, de forma a melhorar a eficiência da sua utilização e a proteção do ambiente e da saúde humana.

No âmbito da gestão de resíduos, objecto do presente estudo, considera-se relevante referir e explicar genericamente a aplicação dos artigos que a seguir se destacam.

- Artigo 5.º- Princípio da responsabilidade pela gestão

A responsabilidade pela gestão dos resíduos, bem como os seus custos, cabe ao produtor inicial dos resíduos (ou ao seu detentor na impossibilidade de determinar o produtor), podendo ser imputada ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e partilhada pelos distribuidores desse produto se tal decorrer de legislação específica aplicável. A responsabilidade extingue-se pela transferência dos resíduos a um operador licenciado ou a uma entidade responsável por sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos.

Cabe aos municípios a gestão de resíduos urbanos cuja produção diária não exceda 1100 L.

Assim, no caso concreto dos resíduos em estudo, a responsabilidade pela gestão dos mesmos é do produtor, a própria empresa, que fica então obrigada a garantir o cumprimento

da legislação desde a sua recolha até à sua entrega a outra entidade gestora de resíduos devidamente licenciada.

- Artigo 7.º- Princípio da hierarquia dos resíduos

As políticas e legislação em matéria de resíduos devem respeitar uma ordem de prioridades no que se refere às opções de gestão dos resíduos:

- i. prevenção e redução;
- ii. preparação para a reutilização;
- iii. reciclagem;
- iv. outros tipos de valorização;
- v. eliminação.

De acordo com este artigo são consideradas prioritárias as operações que permitam a valorização de resíduos devendo ser privilegiado o recurso às melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis que permitam o prolongamento do ciclo de vida das matérias através da sua reutilização.

O destino previsto para o resíduo armazenado nos leitos de secagem é o aterro, ou seja, a eliminação, o que constitui uma opção de última linha se considerarmos os pressupostos acima referidos.

Durante o presente estudo, irá ser analisada a possibilidade de recorrer a destinos de valorização ambientalmente mais adequados, e caso os mesmos não sejam possíveis, a adoção de medidas que visem a redução dos impactes no local e do potencial poluidor do resíduo.

- Artigo 23.º- Sujeição a licenciamento

A atividade de gestão de resíduos está sujeita a licenciamento por razões de saúde pública e de proteção do ambiente. Assim a atividade de gestão de resíduos em causa, e de acordo com a definição de tratamento constante do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, está sujeita a licenciamento.

Aquando do pedido de licenciamento para o armazenamento dos resíduos nos leitos de secagem, estava ainda em vigor o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, sendo a licença emitida ao abrigo da alínea c) do art.º 32.º, que definia a sujeição a licenciamento simplificado, as operações de armazenagem de resíduos quando efectuadas em local análogo ao da sua produção, pertencente à mesma entidade, no respeito pelas especificações técnicas aplicáveis e por período não superior a um ano.

Atualmente, pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho que revogou aquela alínea, ainda não está totalmente esclarecida a necessidade e o tipo de licenciamento a que está sujeita a gestão de resíduos fora do seu local de produção.

No entanto, a licença atual é válida até à data da sua caducidade (2016, e deverão ser cumpridos todos os requisitos e especificações decorrentes da referida licença.

### 3.2 Portaria 209/2004 – Aprova a lista europeia de resíduos

A portaria 209/2004 de 3 de Março vem dar resposta à necessidade de dispor de critérios tendo por objectivo a viabilização da classificação dos resíduos, de forma tão uniforme quanto possível. O catálogo está organizado segundo as regras clássicas de classificação, definindo 20 classes, que foram posteriormente divididas noutras 10 subcategorias. As 20 classes de primeira ordem constituem os 20 capítulos da lista europeia de resíduos (LER), e estão referidas na Tabela 3.1. (Portaria n.º 209/2004).

**Tabela 3.1 Lista Europeia de Resíduos (Portaria n.º 209/2004)**

Capítulos da L.E.R.	Tipo de Resíduos
01	Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas.
02	Resíduo da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares.
03	Resíduo da transformação de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão.
04	Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil.
05	Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão.
06	Resíduos de processos químicos inorgânicos.
07	Resíduos de processos químicos orgânicos.
08	Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), vedantes, colas e tintas de impressão.
09	Resíduos da indústria fotográfica.
10	Resíduos de processos térmicos.
11	Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos.

12	Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos.
13	Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (excepto óleos alimentares, 05, 12 e 19).
14	Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (excepto 07 e 08).
15	Resíduos de embalagens, absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não anteriormente especificados.
16	Resíduos não especificados em outros capítulos desta lista.
17	Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados).
18	Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e ou investigação relacionada (excepto resíduos de cozinha e restauração não provenientes diretamente da prestação de cuidados de saúde).
19	Resíduo de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial.
20	Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas seletivamente.

A presente portaria assegura a harmonização do normativo vigente em matéria de:

- identificação e classificação de resíduos;
- facilitar o conhecimento pelos agentes económicos do regime jurídico a que estão sujeitos;
- codificação das operações de eliminação e valorização de resíduos.

O resíduo em estudo, de acordo com a lista europeia de resíduos, e tendo em conta a sua origem e composição, é classificado com os códigos LER 19 08 01 – Gradados e 20 03 06 – Resíduos de limpeza de esgotos.

### 3.3 Portaria n.º 335/97 – Transportes de resíduos

De forma a tornar mais eficaz o controlo e fiscalização do transporte de resíduos a fim de que seja protegida e melhorada a qualidade do ambiente e da saúde pública, e também de modo a serem aplicadas regras ao transporte de resíduos, a portaria n.º 335/97 vem indicar procedimentos e normas para a sua deslocação e posterior deposição em local autorizado.

Ao abrigo da portaria n.º 335/97 o transporte rodoviário de resíduos dentro do território nacional apenas pode ser efectuado pelas seguintes entidades:

- o produtor de resíduos;

- o eliminador ou valorizador de resíduos, licenciado nos termos da legislação aplicável;
- as entidades responsáveis pela gestão de resíduos perigosos hospitalares, autorizadas nos termos da Portaria 174/97;
- as entidades responsáveis pela gestão de resíduos urbanos;
- as empresas licenciadas para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem, nos termos do Decreto-Lei n.º 257/2007, de 16 de Julho e do Decreto-Lei n.º 136/2009, de 5 de Junho.

Ainda de acordo com a Portaria 335/97, o produtor, o detentor e o transportador de resíduos respondem solidariamente pelos danos causados pelo transporte de resíduos, pelo que o transporte deverá ser realizado em condições ambientalmente adequadas, de modo a evitar a sua dispersão ou derrame.

O produtor e o detentor dos resíduos devem assegurar que cada transporte é acompanhado das competentes *Guias de Acompanhamento de Resíduos*, cujos modelos são constantes no ponto 7.º da respectiva portaria. (Caetano, 2011; Portaria n.º 335/97).

### **3.4 Decreto-Lei n.º 183/2009 – Deposição de resíduos em aterro**

A deposição em aterro deverá ser a última das hipóteses a ser considerada, devendo ser sempre equacionadas medidas para a sua valorização. Sendo a eliminação, nomeadamente a deposição em aterro a única opção possível, é necessário que o resíduo respeite a legislação em vigor.

Para esse efeito, o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na concepção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros.

No presente estudo apenas serão aprofundadas as questões diretamente relacionadas com a deposição de resíduos em aterro, nomeadamente a tipologia dos resíduos admissíveis em cada aterro, sendo relevante mencionar os artigos seguintes.

- Artigo 5.º- Resíduos admissíveis em aterros

Os resíduos admissíveis em aterro têm de preencher cumulativamente os dois requisitos: terem sido objecto de tratamento e respeitarem os critérios de admissão definidos para a respectiva classe de aterro.

- Artigo 10.º- Classificação de aterros

No artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, classificam-se os aterros em 3 classes, aterro para resíduos inertes, não perigosos e perigosos, de acordo com as características dos resíduos que estão aptos a receber.

- Artigo 34.º- Critérios de admissão de resíduos por classes de aterro

Neste artigo são definidos os critérios de admissão de resíduos de acordo com as três classes de aterros.

- Aterro para resíduos inertes: para esta classe de aterro só podem ser depositados resíduos inertes que satisfaçam os critérios de admissão estabelecidos no n.º 1 da parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.
- Nos aterros para resíduos não perigosos só podem ser depositados:
  - resíduos urbanos;
  - resíduos não perigosos de qualquer outra origem que satisfaçam os critérios de admissão de resíduos em aterros para resíduos não perigosos definidos no n.º 2 da parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto;
  - resíduos perigosos estáveis, não reativos, nomeadamente os solidificados ou vitrificados, com um comportamento lixiviante equivalente ao dos resíduos não perigosos referidos na alínea anterior, que satisfaçam os critérios de admissão de resíduos em aterros para resíduos não perigosos definidos no n.º 2 da parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, desde que não sejam depositados em células;
  - resíduos não perigosos biodegradáveis.
- Para os aterros de resíduos perigosos só podem ser depositados resíduos perigosos que satisfaçam os critérios de admissão estabelecidos no n.º 3 da parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.

- Artigo 35.º- Processo de admissão de resíduos em aterro

Para admissão dos resíduos no aterro, deverão passar por vários níveis de verificação previstos na parte A no anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, dos quais a seguir se descrevem.

→ Caracterização básica pelo produtor ou detentor

Esta etapa compreende a análise das características do resíduo, verificação do seu comportamento em aterro, avaliação do resíduo em função de valores limite para admissão em aterro e identificação de variáveis chave para simplificação dos ensaios de verificação de conformidade.

→ Verificação da conformidade pelo produtor ou detentor

Quando um resíduo é considerado admissível numa classe de aterro com base na caracterização básica, este é sujeito a uma verificação periódica da sua conformidade com os resultados da caracterização básica e com os critérios de admissão pertinentes.

→ Verificação no local pelo operador

Quando o resíduo chega ao aterro é necessário fazer a verificação no local de forma a apurar se trata do resíduo a que foi submetido à caracterização básica e verificação de conformidade, que deu origem à emissão de um certificado de aceitação prévia. Desta forma os resíduos só serão aceites se tal for confirmado. Em cada lote de resíduos recebidos num aterro é verificada a documentação necessária e feita a inspeção visual antes e após a descarga (Decreto-Lei n.º 183/2009).

Ao resíduo em estudo neste trabalho serão realizadas análises com o objectivo de caracterizá-lo de acordo com os critérios de admissão em aterro que constam no anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto. O anexo IV está dividido em três partes: na parte A são referidos os processos de determinação da admissibilidade dos resíduos em aterro (níveis de verificação acima referidos); na parte B estão definidos os critérios de admissão de resíduos para cada classe de aterro; a parte C define os métodos de ensaio e de amostragem.

### **Anexo IV, Parte A**

De acordo com a parte A do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, terá de se realizar uma caracterização básica ao resíduo (ex: origem, código LER) de forma a compreender o

seu comportamento em aterro, avaliar o resíduo em função de valores limite de emissão e identificar os parâmetros críticos. O resíduo deverá fornecer, entre outras informações, a sua fonte e origem, a descrição do processo que deu origem ao resíduo e das características das matérias-primas e produtos, descrição dos tratamentos a que o resíduo foi sujeito, os dados sobre a composição do resíduo e o seu comportamento lixiviante, aspecto do resíduo, entre outros.

### **Anexo IV, Parte B**

Os critérios de admissão em aterro definidos na parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009 diferem consoante o resíduo em questão.

Dadas as características do resíduo, não se pode considerar como possível, o envio do mesmo para aterro de inertes, pelo que apenas são abordados os critérios de admissão de resíduos em aterro para resíduos perigosos e não perigosos. De acordo com os resultados das análises realizadas no ensaio experimental, será avaliado qual a classe de aterros adequada e legalmente possível.

#### **Admissibilidade em aterro de resíduos não-perigosos**

Como critérios para admissão de resíduos em aterros para resíduos não perigosos o Decreto-Lei nº 183/2009 define que:

- são admissíveis em aterros para resíduos não perigosos sem necessidade de ensaios para caracterização básica os resíduos urbanos classificados como não perigosos no capítulo 20 da Lista Europeia de Resíduos, as fracções de resíduos urbanos não perigosos recolhidas seletivamente e as mesmas matérias não perigosas de outras origens – esta descrição inclui a totalidade do resíduos em estudo;
- os resíduos admissíveis em aterros para resíduos não perigosos devem cumprir os valores limites que constam da tabela 4, anexo IV do referido Decreto-Lei e que se apresentam na Tabela A.1, do Anexo A.

#### **Admissibilidade em aterro de resíduos perigosos**

Para o resíduo ser admitido em aterro de resíduos perigosos, os valores limite de lixiviação para resíduos granulares constam na tabela 7 e 8, anexo IV do referido Decreto-Lei e que se apresentam nas Tabela A.2 e Tabela A.3 do Anexo A.

### **Anexo IV, Parte C**

Na parte C do Anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009 estão referidos os métodos a utilizar na amostragem e nos ensaios de verificação do resíduo. A amostragem e os ensaios para efeitos de caracterização básica e verificação de conformidade são efectuados por instituições e pessoas independentes e devidamente qualificadas. Desde que os produtores de resíduos ou operadores dos aterros tenham instituído um sistema de garantia de qualidade, a amostragem pode ser realizada pelos mesmos.

Para a realização da amostragem do resíduo, o Decreto-Lei n.º 183/2009 determina um plano de amostragem de acordo com o estabelecido na norma EN 14899, constituído por cinco relatórios técnicos, os aspectos estatísticos da amostragem, as técnicas de amostragem, as subamostras no campo, a embalagem, armazenagem, preservação e transporte e guia para a definição do plano de amostragem.

O ensaio de lixiviação deve cumprir a norma europeia EN 12457-4 referente à preparação do eluato, que com base nas características do eluato, se prepara resumidamente da seguinte forma:

- recolha de uma amostra representativa;
- redução de tamanho (se > 10 mm);
- proporção 90g de matéria seca de resíduo/ 900 mL de água destilada (ou equivalente);
- lixiviação à temperatura ambiente, agitação constante, durante 24 horas (material do recipiente depende das determinações que vão ser feitas e frascos de 2000 mL de boca larga);
- separação por filtração/centrifugação;
- métodos de análise do eluato são os mesmo que para as águas.



## Capítulo 4 A Gestão de Resíduos e a Norma ISO 14001

### 4.1 Princípios Base

Nos dias que correm, o desempenho ambiental é uma preocupação cada vez mais presente na sociedade. Por outro lado, a certificação ambiental das empresas é uma mais-valia no mercado de trabalho, pelo que, para além das exigências legais cada vez mais apertadas em matéria de ambiente, cada vez mais, as organizações procuram demonstrar a sua preocupação e atuação para o controlo de impactes ao nível das suas atividades, produtos e serviços no ambiente.

A empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais de Vila nova de Gaia, está certificada pela norma NP EN ISO 14001, desde 2001.

Um dos objectivos do presente trabalho, é o enquadramento da gestão dos resíduos em estudo na referida norma, acompanhando os requisitos da mesma com vista ao seu total cumprimento.

A Norma NP EN ISO 14001 visa promover a melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações, e nela são definidas orientações que apontam para a concepção de ferramentas de gestão de identificação dos aspectos ambientais e respectivo controlo desses mesmos impactes, reduzindo significativamente os danos que poderiam provocar no meio ambiente.

Com a implementação de um sistema de gestão ambiental (SGA), podem ser introduzidos benefícios económicos, por exemplo com a redução de matérias-primas ou recursos, redução de energia, diminuição da produção de resíduos e até a reutilização de recursos.

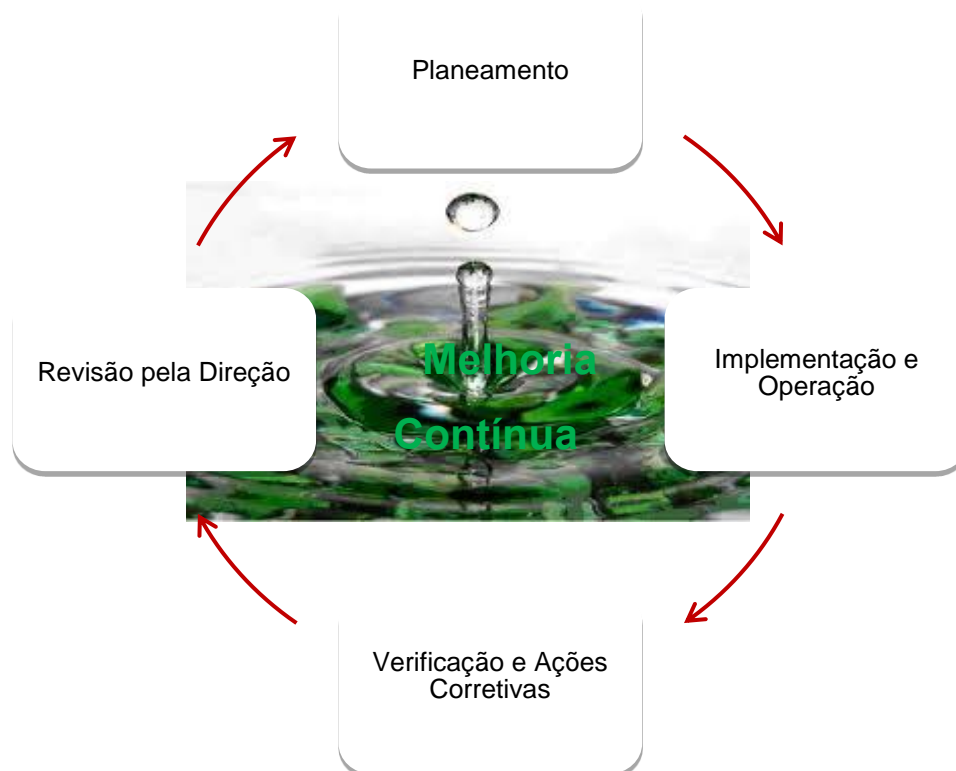
A finalidade global desta norma é apoiar a proteção ambiental e prevenção da poluição, em conjunto com as necessidades sócio-económicas.

A norma em estudo baseia-se na metodologia designada por ciclo PDCA ( a abreviatura de Plan-Do-Check-Act que, em português, se traduz por Planear- Executar- Verificar- Atuar). Este ciclo tem como objectivo controlar os processos, podendo ser usado de forma contínua, possibilitando a padronização das informações de controlo da qualidade e o menor número de erros nas análises pois torna as informações mais simples.

O Ciclo PDCA (Figura 4.1) é constituído pelas seguintes etapas:

- Planear – neste ponto são identificados os objectivos e as estratégias de forma a atingir esses objectivos, de acordo com a política ambiental da organização;

- Implementar – a seguir procede-se à execução do plano definido no ponto anterior;
- Verificar – são verificados e analisados os resultados dos dados recolhidos, de acordo com o planeamento elaborado no primeiro ponto;
- Atuar – a última fase do ciclo é a implementação de ações específicas com vista à melhoria contínua do sistema e do método de trabalho.



**Figura 4.1 Sistema de gestão ambiental pela norma NP EN ISO 14001**

Nos subcapítulos seguintes serão abordados os vários pontos da metodologia PDCA, fazendo-se referência às medidas a tomar para o caso específico em estudo.

## **4.2 Planeamento**

### **4.2.1 Aspectos ambientais**

Um dos requisitos da norma NP EN ISO 14001 é a implementação de procedimentos sistemáticos de identificação de aspectos ambientais das atividades, produtos e serviços da empresa e que dessa forma sejam determinados se possuem ou não impacte significativo para o ambiente. Esta informação deve ser documentada e encontrar-se sempre atualizada.

A organização deve identificar os aspectos ambientais com impacto positivo ou negativo para o ambiente, existem dois tipos de aspectos ambientais a considerar:

- controláveis – estes são diretamente controlados pela organização (matérias primas, consumos energéticos, etc.);
- influenciáveis – não são controláveis pela empresa, mas esta pode exercer influência (produtos e serviços de cliente e/ou fornecedores).

No reconhecimento dos aspectos ambientais das atividades, produtos ou serviços das organizações, segundo a norma, deve-se ter em atenção as condições de operação normais e situações anómalas, as condições de paragem e arranque e também as situações de emergência.

Sempre que um aspecto ambiental seja identificado, deve ser determinado se possui ou não impacto significativo no ambiente. Os aspectos que detenham mais que um impacto significativo são considerados aspectos ambientais significativos.

Visto que uma organização pode possuir muitos aspectos ambientais e subsequentemente impactes ambientais associados, é necessário que exista uma metodologia que forneça resultados consistentes e que inclua a definição, as questões ambientais identificadas e os requisitos legais aplicáveis (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

No capítulo 5 deste trabalho são identificados os aspetos ambientais associados às operações de gestão de resíduos alvo do presente estudo, e avaliada a sua significância. Com base nos aspetos ambientais identificados, nos aspetos classificados como significativos, nos requisitos legais e outros, é elaborado um programa de gestão detalhado apresentado no capítulo 6.

#### **4.2.2 Conformidade legal / outros requisitos**

As organizações necessitam de conhecer os requisitos legais associados aos aspectos ambientais identificados na organização, de forma a cumpri-los. Esta informação deve estar atualizada e ser tida em consideração no estabelecimento, implementação e manutenção de todo o sistema de gestão ambiental.

Os requisitos legais podem ter origem em diretivas, regulamentos e decisões comunitárias, leis, decretos-lei, portarias, licenças, entre outros (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

No capítulo 3, foram já abordados os principais diplomas legais associados à gestão dos resíduos em estudo, com vista a analisar as medidas a implementar para o cumprimento das exigências legais.

### 4.2.3 Objectivos, metas e programas

A organização deve elaborar os objectivos e metas ambientais de acordo com a sua política ambiental, identificando responsabilidades, meios e prazos para a sua realização, tendo em conta a melhoria contínua e a capacidade para cumprir os requisitos legais e outros. Estes objectivos e metas deverão ser, sempre que possível, específicos e mensuráveis, de forma a possibilitar o seu acompanhamento e avaliação.

A definição dos objectivos e metas deverá considerar os requisitos legais e outros requisitos que a organização aceite, e os seus aspectos ambientais significativos. É importante também considerar os requisitos operacionais, financeiros, tecnológicos e de negócio, pois estes devem ser realistas e adequados a cada organização e deverão ir de encontro aos interesses dos parceiros envolvidos.

Para que os objectivos e metas sejam alcançados, a organização deve criar, implementar e manter programas de gestão ambiental, onde estarão identificados as responsabilidades, os meios e a calendarização de cada objectivo/meta (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

A Figura 4.2 esquematiza as considerações a ter em conta na definição dos objectivos e metas.



Figura 4.2 Diagrama dos objectivos e metas (APCER, norma 14001, 2009)

## **4.3 Implementação**

### **4.3.1 Recursos, atribuições, responsabilidade e autoridade**

Neste ponto devem ser garantidos os recursos necessários para implementar o sistema de gestão ambiental. Estes recursos compreendem os recursos humanos, as aptidões específicas, as infraestruturas e os recursos tecnológicos e financeiros. Serão definidas também as atribuições, responsabilidades, as autoridades de forma que sejam assegurados todos os recursos necessários para a implementação de um sistema de gestão eficaz.

A norma determina que deve haver um compromisso e envolvimento de todas as pessoas da organização, para que todos os intervenientes saibam o que é “suposto fazer”, “quando” e “como”.

É suposto que neste item sejam definidos representantes específicos que passarão a possuir responsabilidades e autoridade para a implementação do sistema de gestão ambiental e que estes sejam documentados e comunicados a toda a organização. A gestão deverá garantir a disponibilidade de recursos humanos, tecnológicos, financeiros e de infraestruturas (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

### **4.3.2 Competência, formação e sensibilização**

A organização deve sempre garantir que os colaboradores selecionados para executar as tarefas que possam causar impacte ambiental significativo possuam competência com base na sua escolaridade, formação e experiência.

É também dever da organização identificar as necessidades de formação com base nas competências necessárias, em relação aos aspectos ambientais significativos e de modo que sejam cumpridos os objectivos ambientais. Os colaboradores devem ser consciencializados para a política ambiental da organização, os requisitos do sistema de gestão ambiental, os impactes significativos relacionas com as atividades, as responsabilidades de cada colaborador e as consequências de não respeitar os procedimentos definidos (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

### **4.3.3 Comunicação. Documentação e controlo dos documentos**

Um sistema de gestão ambiental deve garantir um processo de comunicação eficiente entre os diferentes níveis e funções da organização. A comunicação interna é importante porque permite assegurar a implementação eficaz do SGA, facilita o entendimento e

cooperação de todos os envolvidos no desempenho ambiental. Por outro lado a comunicação externa assegura os meios de comunicação e os conteúdos mais adequados às necessidades de informação de cada parte interessada. É necessário elaborar um ou mais procedimentos onde são estabelecidos os meios de comunicação interna e externa, e essas comunicações devem ser registadas.

De forma a implementar e pôr em funcionamento o sistema de gestão ambiental, a organização deve documentar todas as funções e atividades para o cumprimento dos requisitos especificados. A documentação deve contemplar, entre outros, a política ambiental, os objectivos e metas, os procedimentos e recursos assim como os registos. Cada organização deve definir a extensão da documentação de forma a adequar-se as suas características como por exemplo, a sua dimensão, tipo de organização, complexidade dos processos, recursos humanos, entre outros.

Toda a documentação relevante, requerida pelo SGA e pela norma, deve ser controlada. É necessário garantir que todos os documentos relevantes para o sistema de gestão ambiental estejam atualizados e disponíveis, de forma a permitir que a informação seja compreendida e utilizada no local e momento a que é necessária (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

#### **4.3.4 Controlo operacional. Preparação e resposta a emergências**

A necessidade de cumprir os objectivos definidos na política ambiental leva ao planeamento e identificação dos processos, atividades e recursos associados de forma a assegurar a sua realização em condições definidas e controladas. É necessário aplicar um controlo operacional, estabelecendo tipos e níveis de controlo de acordo com as suas necessidades, sendo estes mantidos e avaliados periodicamente.

As situações relativas a potenciais acidentes e emergências devem ser identificadas para que a organização possa prevenir a sua ocorrência e/ou estar preparado se esta suceder. Devem ser estabelecidos e implementados procedimentos de preparação e resposta a emergências (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

### **4.4 Verificação**

#### **4.4.1 Monitorização e medição**

A instituição deve estabelecer procedimentos de forma a poder monitorizar e medir as características principais das suas operações que possam causar impacte ambiental

significativo. Estes procedimentos envolvem a recolha de informação, medição e observações ao longo do tempo (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

#### **4.4.2 Avaliação da conformidade, não conformidades, ações corretivas e preventivas**

A organização deve estabelecer procedimentos para avaliar, periodicamente, a conformidade com os requisitos legais e outros requisitos que definiu no planeamento. Os resultados das avaliações devem ser registados nos formatos adoptados pela organização.

Sendo o objectivo do SGA evoluir e melhorar o desempenho, em consonância com a sua política ambiental, a organização deve identificar as não conformidades, implementar ações corretivas, e estabelecer medidas preventivas para evitar a sua ocorrência (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

#### **4.4.3 Controlo de registos**

A organização deve garantir os registos associados ao sistema de gestão ambiental. Esta deve possuir as informações necessárias para demonstrar a conformidade dos requisitos implementados e comunicar os resultados obtidos. Esses registos devem ser mantidos legíveis, identificáveis e rastreáveis (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

#### **4.4.4 Auditoria interna**

As auditorias internas são um ponto crucial no ciclo PDCA do sistema de gestão ambiental: estas servem para avaliar a conformidade do sistema de gestão implementado com os requisitos estabelecidos, nomeadamente, com a norma de referência e a legislação aplicável. Os programas de auditoria devem ser objectivos, utilizando metodologias definidas, executados em intervalos planeados e realizados por pessoal competente ou por auditores externos à organização (APCER, norma 14001, 2009; NP EN ISO 14001:2004).

## **4.5 Revisão pela gestão**

A gestão eficaz de um sistema de gestão ambiental deve, numa base regular, monitorizar e analisar as questões ambientais. Esta revisão deve permitir avaliar se a política ambiental se mantém adequada, se os objectivos e metas foram atingidos e avaliar o grau de desempenho ambiental. É também nesta ação que se investiga a necessidade de implementar novos objectivos e no caso de se verificar que não foram atingidos alguns objectivos devem ser definidos novos meios técnicos para os atingir (APCER, norma 14001, 2009).

## Capítulo 5 Identificação e Avaliação de Aspectos Ambientais

Os aspectos ambientais foram identificados de acordo com as atividades associadas a todo o processo de transporte e armazenamento do resíduo na instalação em estudo. No reconhecimento dos aspectos ambientais foram considerados as condições de operação normais, as situações anómalas e também as situações de emergência. Foram também considerados os aspectos ambientais previstos para o futuro, já que a instalação se encontra em fase de obras, e intervenções de melhoria e implementação das medidas definidas na licença.

Posteriormente à identificação dos aspectos ambientais determinou-se se estes possuíam ou não impacte significativo no ambiente de acordo com o procedimento de identificação de aspectos ambientais e avaliação da sua significância - PGQAS13 (Procedimento Geral da Qualidade, Ambiente e Segurança), elaborado pela empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais.

### 5.1 Aspectos ambientais identificados

Antes de mais, convém referir que no presente trabalho apenas foram analisados os aspetos ambientais de incidência direta, isto é aqueles que a organização pode controlar diretamente, decorrentes das atividades exercidas pela própria empresa.

Os aspectos ambientais identificados de acordo com o procedimento interno da empresa para a atividade de armazenamento e secagem de resíduos nos leitos de armazenamento e secagem (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, 2009) foram os seguintes:

#### 1) Consumo de água potável

É um aspecto planeado pois no presente ainda não acontece, este aspecto ambiental será consequência da instalação prevista no local para balneários e quartos de banho.

#### 2) Consumo de energia eléctrica

É também um aspecto ambiental futuro, após a construção da instalação para uma instalação de apoio que irá incluir balneários e quartos de banho.

#### 3) Fuga/ Derrame de óleos/ Combustíveis

Este aspecto ambiental acontecerá apenas em situações de emergência, decorrentes do transporte rodoviário do resíduo, desde a sua origem ao local de armazenamento temporário, e eventualmente desse local até ao destino final.

#### 4) Cheiros e odores

Dada a origem e composição dos resíduos, estes são muito susceptíveis à emissão de cheiros e odores desagradáveis, que constituem uma preocupação para a empresa, já que a instalação se encontra numa zona residencial.

#### 5) Consumo de matérias-primas:

- a. Consumo de combustível;
- b. consumo de cal.

O consumo de matérias-primas deve-se ao deslocamento dos veículos em que se consumirá combustível e o consumo de cal relaciona-se com o tratamento de estabilização ao resíduo.

#### 6) Resíduos

- a. Gradados/Limpeza de redes (Armazenamento): o próprio resíduo que irá ficar armazenado nos leitos de secagem;
- b. embalagens de cal: decorrente do uso de cal para o tratamento de estabilização do resíduo;
- c. resíduos de demolição: nomeadamente solos resultantes das obras de limpeza da área envolvente e da construção de uma via de acesso e da instalação de apoio;
- d. resíduos verdes: resultantes da limpeza da vegetação em excesso e também na fase de implantação da cortina arbórea.

#### 7) Ruído

Os impactes sonoros e de vibrações produzidos através da deslocação de veículos de transporte, carga e descarga dos resíduos, tendo em conta o tempo de exposição, serão temporários e poderão ser considerados reduzidos, mas não deixa de ser necessário ter em conta este aspecto.

#### 8) Águas residuais

Este aspecto ambiental ocorre da lixiviação do resíduo no tempo em que fica armazenado e exposto às condições climáticas nos leitos de secagem. Os efluentes produzidos serão recolhidos por caleiras de drenagem dos leitos de secagem, ligadas ao colector de águas residuais, que encaminha essas escorrências para o tratamento numa ETAR.

#### 9) Derrame de produtos químicos

Ocorrência que pode ter lugar devido ao mau manuseamento de um produto químico (ex: cal), pelo que é considerada uma situação de emergência.

#### 10) Derrame de resíduos na via pública

É também uma ocorrência de emergência que pode acontecer devido ao mau condicionamento do resíduo no seu transporte, ou à falta de cumprimento das regras de transporte de resíduos.

## 5.2 Avaliação da significância dos aspectos ambientais

Depois de identificado um aspecto ambiental, a norma NP EN ISO 14001 determina que se avalie a sua significância, isto é, que se classifique, com base em vários fatores definidos pela organização, se o efeito daquele aspecto ambiental no meio ambiente se considera significativo ou não significativo. Os aspectos ambientais significativos são considerados prioritários e devem ser tomados em consideração no controle operacional, na definição de objetivos e metas, e em todas as atividades de um sistema de gestão ambiental. A norma não define um procedimento para avaliação da significância dos aspectos ambientais, cabendo à organização a sua elaboração. Assim, a classificação dos aspectos ambientais identificados neste trabalho foi feita de acordo com o procedimento interno da empresa (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, 2009).

O procedimento interno referido determina que são considerados significativos, diretamente, e sem necessidade de cálculo do grau de impacte:

- os aspectos ambientais com efeitos adversos que segundo a sua recorrência/ origem da atividade, são considerados passados (devido a atividades passadas mas que ainda produzem efeitos negativos no ambiente) ou futuros (devido a atividades planeadas);
- os aspectos ambientais que resultem de situações de emergência;
- os aspectos ambientais que resultem de um incumprimento legal.

Aos aspectos ambientais que decorrem no presente e possuem efeito adverso no ambiente é calculado o seu grau de impacte (GI), através da ponderação de vários factores ou critérios como a quantidade (Q), frequência (F), gravidade (G) e imagem (I). A cada um destes fatores é atribuído um valor, de 1 a 4 numa escala de valorização por ordem crescente de impacte ou importância relativa.

O grau de impacte é então calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$GI = QxFxGxI$$

**Equação 3.1**

O valor calculado de grau de impacte irá definir se um aspecto ambiental é ou não significativo:

GI < 128 – Não Significativo (NS)

GI ≥ 128 – Significativo (S)

Na Tabela 5.1 estão esquematizados os aspectos ambientais identificados e a sua significância.

Os aspectos ambientais considerados diretamente como significativos, sem necessidade de cálculo do grau de impacte, através do procedimento interno da empresa, foram:

Consumo de água potável – Já que se trata de um aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro após a instalação de balneários e quartos de banho.

Consumo de energia eléctrica – Já que se trata de um aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro após a instalação das instalações de apoio.

Fuga/derrame de óleo/combustível – Aspecto ambiental que pode ocorrer numa situação de emergência (ex: aquando do transporte rodoviário do resíduo).

Derrame de resíduos na via pública – Aspecto ambiental que pode ocorrer numa situação de emergência (ex: aquando do transporte rodoviário do resíduo).

Derrame de produtos químicos – Ocorrência que pode suceder devido ao mau manuseamento de um produto químico (ex: cal), pelo que é considerado uma situação de emergência.

Cheiros e odores – Aspecto ambiental que pode ocorrer numa situação de emergência (situações indesejáveis que impeçam o controlo dos odores).

Consumo de cal apagada (matéria prima) – Trata-se de aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro quando se iniciar o tratamento com cal.

Resíduo de embalagens de cal – Trata-se de aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro quando se iniciar o tratamento com cal.

Resíduo de demolição – Trata-se de aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro quando se iniciar as obras de requalificação do espaço.

Resíduos verdes – Trata-se de aspecto ambiental adverso que vai acontecer no futuro quando se iniciar a limpeza da vegetação em excesso e a plantação de novas árvores

Os aspectos ambientais que já decorrem no presente (uma vez que já está a ocorrer a recolha, transporte e deposição dos resíduos nos leitos de secagem) são a produção de resíduos de gradados/limpeza de redes, consumo de combustível, ruído e águas residuais.

Para estes, foi então calculado o grau de impacte e considerados significativos os aspectos ambientais com um grau de impacte superior a 128.

Conforme se pode visualizar na Tabela 5.1, apenas os resíduos de gradados/limpeza de redes obtiveram o grau de impacte superior a 128, sendo por isso um aspecto ambiental significativo (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, 2009).

Tabela 5.1 Matriz de identificação e avaliação de aspectos ambientais (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, 2009)

Unidade de Trabalho	Atividade	Aspecto Ambiental	Temporalidade			Situação N / NN / E	Natureza A/B	Descrição/ Observações	Impacte Ambiental	Cálculo /Avaliação							Medidas de Monitorização/Cont rolo/Prevenção			
			Passada	Presente	Planeada					Quantidade	Categ. Q	Frequência	Gravidade	Imagem	Grau de Impacte	Significância				
																		1	2	4
Sistema de Drenagem e Tratamento de Águas	Leitos de Armazenamento e Secagem de Vial D'Este	Consumo de água potável			X	N	A	Quartos de banho / Balneários	Depleção de recursos naturais	—							S	Monitorização dos consumos		
		Consumo de energia eléctrica			X	N	A	Quartos de banho / Balneários	Depleção de recursos naturais/Aquecimento global	—							S	Monitorização/Tarifários		
		Fuga/derrame de óleo/ Combustíveis		X			E	A	Transporte	Contaminação do solo e linhas de água	—							S		
		Cheiros /Odores		X			E	A		Incomodidade da comunidade envolvente	—							S		
		Consumo matérias- primas	Consumo de Combustível		X			N	A		Consumo de recursos/Impacte no ar, água e solo dos seus subprodutos e resíduos	Estimativa	1	2	4	2	16	NS		
			cal apagada			X		N	A		Consumo de recursos/Impacte no ar, água e solo dos seus subprodutos e resíduos	—							S	
		Resíduos	Gradados/ Limpeza de redes (Armazenamento)		X			N	A		Produção de resíduos	1250	4	4	3	3	144	S	Monitorização/GAR/ Destino Autorizado	
			Embalagens de cal			X		N	A	Tratamento de estabilização	Produção de resíduos	—							S	Monitorização/GAR/ Destino Autorizado
			Resíduos de demolição			X		NN	A	Limpeza da área envolvente	Produção de resíduos	—							S	Monitorização/GAR/ Destino Autorizado
			Resíduos Verdes			X		NN	A	Limpeza da área envolvente	Produção de resíduos	—							S	Monitorização/GAR/ Destino Autorizado
			Ruído		X			N	A	Deslocação de máquinas	Poluição Sonora/Incomodidade na comunidade envolvente	Estimativa	1	2	2	2	8	NS	Monitorização	
			Águas Residuais		X			N	A		Degradação dos recursos hídricos	Estimativa	1	4	3	1	12	NS	Estimativa	
			Derrame de produtos químicos			X		E	A	Derrames	Contaminação do solo e linhas de água	—							S	
	Derrame de Resíduos na Via Pública		X			E	A		Degradação dos recursos hídricos	—							S			

Legenda:

N – Normal

NN – Não Normal

E – Emergência

A – Adverso

B – Benéfico

S – Significativo

NS – Não Significativo



## Capítulo 6 Programa de Gestão Ambiental a Implementar

Neste capítulo será proposto um programa de gestão a adoptar na instalação de armazenamento temporário de resíduos, onde serão definidos os objectivos e metas, as ações a implementar e os seus responsáveis.

O programa de gestão tem como objectivo a minimização de impactes ambientais dos resíduos de desobstrução e o cumprimento de todos os requisitos associados às atividades e ao resíduo em geral, legais ou definidos, pela empresa com vista à melhoria contínua.

Refira-se antes de mais que a instalação em causa está licenciada desde 2011 pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR) para operações de gestão de resíduos. As operações em causa são o armazenamento temporário de resíduos da limpeza de esgotos e gradados destinados a valorização ou eliminação externa. A realização dessas operações está sujeita ao cumprimento integral de várias especificações técnicas, nomeadamente:

- promover a implantação de uma cortina arbórea em todo o perímetro da instalação;
- registo da instalação no Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente (SIRAPA);
- criação de um dossier com um processo devidamente atualizado e organizado referente ao licenciamento da operação da gestão de resíduos contendo todos os elementos relevantes. Este deve estar disponível na instalação e sempre que solicitado pelas entidades com competência de fiscalização;
- o abastecimento de água à unidade será assegurado pela rede pública e a descarga de águas residuais domésticas será efectuada para a rede pública de saneamento. O efluente resultante das escorrências do tratamento de estabilização do resíduo será recolhido por caleira envolvente aos leitos de secagem e encaminhados para a rede pública de saneamento.

As metas definidas são: redução em 10% da quantidade de resíduos produzidos e armazenados ao ano, para 2014 face ao ano 2011; não obter quaisquer reclamações de aspecto ambiental em 2013; o cumprimento em 100% das medidas definidas na licença para a gestão de resíduos, e acima referidas, até Dezembro de 2013.

Pode visualizar-se o na Tabela 6.1 o programa de gestão proposto no início da fase de dissertação (Abril 2012) e o acompanhamento das ações implementadas até Outubro de 2012 na Tabela 6.2.

As ações a serem implementadas têm por finalidade cumprir os objectivos definidos e passam pelos pontos que a seguir se descrevem.

1) Iniciar estabilização com cal:

1.1) Determinação do doseamento de cal;

1.2) ensaio piloto para caracterização do resíduo após adição de cal e armazenamento.

É uma medida definida na licença e tem como objectivo corrigir o pH para a sua inertização/higienização e diminuição do teor de humidade do resíduo. Inicialmente é testada a quantidade óptima de cal para esse efeito e posteriormente é realizado o ensaio piloto do tratamento de estabilização com recolha de amostras, conforme o procedimento descrito no Capítulo 7.

2) Limpeza do terreno da área envolvente

Uma vez que a ETAR de loteamento existente esteve desativada vários anos, necessita de obras de recuperação/limpeza da vegetação que entretanto se desenvolveu, tendo como propósito libertar o espaço para a construção de instalações de apoio e de uma via de acesso no sentido de preparar o espaço para posterior utilização.

3) Analisar questões de saúde ocupacional/segurança

Serão estudadas as questões relacionadas com as atividades que vão ser desenvolvidas e que envolvam meios humanos, como a movimentação de cargas, condução de veículos, o manuseamento de resíduos e cal, entre outras atividades. É essencial analisar estes aspectos no sentido de providenciar todos os meios necessários, designadamente o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) adequados.

4) Ações de sensibilização ambiental e segurança aos profissionais

Uma vez que se trata de uma atividade nova a desenvolver, será necessário ministrar ações de sensibilização ambiental e de segurança aos profissionais envolvidos nomeadamente sobre o uso de EPI, cuidados com a limpeza dos rodados, cuidados na descarga do resíduo, no manuseamento da cal bem como outras regras de segurança a cumprir.

#### 5) Adjudicação de prestação de serviços da recolha por operador licenciado

A instalação em causa é apenas uma instalação de armazenamento temporário de resíduos, não sendo o seu destino final. Após o tratamento de estabilização os resíduos serão recolhidos por operadores licenciados e enviados para entidades também licenciadas sendo necessário adjudicar a uma empresa esse serviço.

#### 6) Instalação de balneários e instalação de apoio

#### 7) Ligação à rede de água de abastecimento

#### 8) Ligação à rede eléctrica

Como previsto na licença, serão instalados balneários e instalações de apoio com ligação à rede de água e eletricidade.

#### 9) Construção de uma via de acesso

É necessário a construção de uma via de acesso a veículos pesados para carga e descarga de resíduos.

#### 10) Implantação da cortina arbórea

Está prevista a implantação em redor de todo o perímetro da instalação de árvores com o objectivo de minimizar os odores emitidos para o exterior, bem como o impacte visual.

#### 11) Registo no SIRAPA

De acordo com os artigos 48º, 49º e 57º do anexo II, do Decreto-Lei 73/2011, é necessária a inscrição e registo da instalação no SIRAPA e conseqüente pagamento de uma taxa anual desse registo, é também obrigatório o registo anual do mapa integrado de registo de resíduos que inclui informações como a origem dos resíduos, a quantidade, classificação e destino do mesmo, identificação das operações a efetuar e a identificação dos transportadores.

#### 12) Ação de sensibilização à população

Grande parte das causas que estão na origem dos entupimentos da rede de saneamento são a deposição inadequada por parte da população na rede de saneamento, designadamente o despejo de certo tipo de resíduos como cotonetes, toalhetes, etc. Muitas vezes a população não têm conhecimento das conseqüências dessas ações, pelo que se

sugere uma sensibilização à população através de folhetos ou mensagens enviados com a factura da água, informação no “site” da empresa e até sensibilização aquando das visitas às ETARs.

- 13) Criar dossier/Pasta arquivo com todos os elementos relacionados com as atividades da instalação

Conforme definido na licença, é necessário que esteja disponível na instalação toda a informação relacionada com a atividade que inclui documentação, como a própria licença, as guias de acompanhamento de resíduos, os registos de entrada e saída de veículos entre outros documentos.

- 14) Criar planos de emergência ambiental e de segurança

É necessário identificar as situações de emergência e estabelecer planos de controlo ambiental e de segurança.

Aquando da identificação dos aspetos ambientais, foram encontradas algumas potenciais situações de emergência.

**Tabela 6.1 Programa de gestão criado em abril de 2012**




PROGRAMAS DE GESTÃO		Out-12															
Melhoria do desempenho das operações de gestão de resíduos		Qualidade <input type="checkbox"/>	Ambiente <input checked="" type="checkbox"/>														
Segurança <input type="checkbox"/>																	
Objectivos	Responsável PG	Metas	Indicador														
1) Minimização dos impactes ambientais dos resíduos de desobstrução 2) Cumprimentos dos requisitos Legais e da licença	Engº Responsável NQAS	- 0 Reclamações de aspecto ambiental em 2013 - Redução em 10 % a quantidade de residuo produzido e armazenado/ano (em 2014 face a 2011) - Cumprimento de 100% das medidas definidas na licença até Dezembro de 2013	- nº Reclamações - Quantidade de residuo - Adição de cal - Instalação de balneários - Cortina arbórea plantada - Registo no SIRAPA efectuado - Dossier pronto e disponível na instalação														
Acompanhamento Anual/Observações																	
2013		2014															
Acompanhamento das Acções																	
2012																	
Acções	Responsável	Prazos	Grau de Implementação												Observações		
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
1 Iniciar estabilização com Cal	NQAS	Dez-12															
1.1 Determinação do doseamento de Cal	NQAS	Out-12															Ensaio realizado no âmbito do estágio de fim de curso ISEP por Marlene Pimentel
1.2 Ensaio piloto para caracterização do residuo após adição de cal e armazenamento	NQAS	Out-12															
2 Limpeza do terreno da área envolvente	Encarregado	Mai-13															
3 Construção de uma via de acesso	Encarregado	Jan-14															
4 Implantação da cortina arbórea	Encarregado	Dez-13															
5 Instalação de balneários e instalação de apoio	Gestor da Segurança	Set-13															
6 Ligação à rede de água de abastecimento	Gestor da Segurança	Set-13															
7 Ligação à rede eléctrica	Gestor da Segurança	Set-13															Recobcação do poste de electricidade em local adequado
8 Adjudicação de prestação de serviços da recolha por operador licenciado para o ano de 2013	NQAS	Dez-12															Preparação das peças do concurso
9 Acções de sensibilização ambiental e segurança aos profissionais	NQAS	Jun-13															
10 Analisar questões de saúde ocupacional/segurança	Gestor da Segurança	Jan-13															Primeira análise feita por reunião com gestor/responsável da segurança
11 Registo no SIRAPA	NQAS	Dez-12															
12 Acção de sensibilização à população	NQAS	Dez-13															
13 Criar dossier/Pasta arquivo com todos os elementos relacionados com as actividades da instalação	NQAS	Dez-12															

Nota: NQAS – Núcleo de Qualidade Ambiente e Segurança

Tabela 6.2 Primeiro acompanhamento do programa de gestão em outubro de 2012

		PROGRAMAS DE GESTÃO												Out-12		
		Melhoria do desempenho das operações de gestão de resíduos										Qualidade <input type="checkbox"/> Ambiente <input checked="" type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/>				
Objectivos	Responsável PG	Metas												Indicador		
1) Minimização dos impactes ambientais dos resíduos de desobstrução 2) Cumprimentos dos requisitos Legais e da licença	Engº Responsável NQAS	- 0 Reclamações de aspecto ambiental em 2013 - Redução em 10 % a quantidade de resíduo produzido e armazenado/ano (em 2014 face a 2011) - Cumprimento de 100% das medidas definidas na licença até Dezembro de 2013												- nº Reclamações - Quantidade de resíduo - Adição de cal - Instalação de balneários - Cortina arbórea plantada - Registo no SIRAPA efectuado - Dossier pronto e disponível na instalação		
Acompanhamento Anual/Observações																
2013							2014									
Acompanhamento das Acções																
2012																
Acções	Responsável	Prazos	Grau de Implementação												Observações	
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1	NOAS	Dez-12														
1.1	NOAS	Out-12														Ensaio realizado no âmbito do estágio de fim de curso ISEP por Marlene Pimentel
1.2	NOAS	Out-12														
2	Encarregado	Mai-13														
3	Encarregado	Jan-14														
4	Encarregado	Dez-13														
5	Gestor da Segurança	Set-13														
6	Gestor da Segurança	Set-13														
7	Gestor da Segurança	Set-13														Recolocação do poste de electricidade em local adequado
8	NOAS	Dez-12														Preparação das peças do concurso
9	NOAS	Jun-13														
10	Gestor da Segurança	Jan-13														Primeira análise feita por reunião com gestor/responsável da segurança
11	NOAS	Dez-12														
12	NOAS	Dez-13														
13	NOAS	Dez-12														

Legenda:

-  Não ocorreu tomada de acções
-  Acções em curso no presente ano
-  Acções implementadas e concluídas

## Capítulo 7 Descrição Experimental

O presente capítulo está subdividido em quatro itens, sendo o primeiro referente ao procedimento para a caracterização analítica do resíduo após descarga no leito de secagem da antiga ETAR de loteamento. No segundo item descreve-se os ensaios laboratoriais de estabilização química a que o resíduo foi submetido para obtenção da quantidade ótima de cal a adicionar ao resíduo fresco. No terceiro item é descrito o ensaio piloto realizado. No último ponto estão enumerados os procedimentos adoptados para a caracterização do lixiviado.

O resíduo utilizado neste trabalho para ensaios químicos por adição de cal, foi fornecido pela empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais.

### 7.1 Caracterização analítica do resíduo

Foram realizadas algumas análises ao resíduo de forma a caracterizá-lo: pH, teor de humidade e de carbono orgânico total (COT). Foram retiradas amostras durante o tratamento de estabilização com cal, em diferentes períodos do tratamento, de forma a conhecer a sua evolução relativamente aos parâmetros referidos.

O método utilizado para a medição do pH foi o Método Electrométrico 4500 B (APHA, 2005), usando o medidor de pH 632, METROHM, e para a análise do COT foi utilizado o Método de combustão a alta temperatura 5310 B (APHA, 2005), efectuado no analisador de carbono orgânico total SSM- 5000A, SHIMADZU.

### 7.2 Ensaios laboratoriais de estabilização química por adição de cal

Com o objectivo de seleccionar a quantidade adequada de cal a adicionar ao resíduo numa fase inicial, de forma a conseguir a sua estabilização, foram realizados ensaios em laboratório. Estes consistiam em otimizar a quantidade de cal a adicionar de modo a garantir o pH de 12.

Foram testados dois tipos de cal: cal viva, CaO da Riedel-de Haën a 96%, fornecido pelo laboratório de tecnologia do Instituto Superior de Engenharia do Porto, e cal apagada comercial, Ca(OH)<sub>2</sub>, da Rivaz Química, facultado pela empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais.

### 7.3 Ensaio piloto

Procedeu-se a um ensaio piloto que se realizou no leito de secagem da antiga ETAR de loteamento relativo ao tratamento de estabilização química do resíduo através da adição de cal, de acordo com a dosagem ótima inicial de cal a adicionar no resíduo fresco obtido no ensaio laboratorial anterior.

Após a sua recepção, cerca de 20 kg de resíduo foi distribuído com o auxílio de uma pá numa área de cerca 4m<sup>2</sup>, e sobre ele foi espalhada uma camada fina de cal de acordo com a quantidade ótima calculada no ensaio laboratorial, conforme descrito no capítulo 8. O ensaio piloto teve a duração de 2 meses.

### 7.4 Caracterização do resíduo estabilizado

Para que o resíduo seja admitido em aterro para resíduos não perigosos, terá de obedecer aos critérios de admissão, que constam no anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto. Desta forma, foram feitas análises ao resíduo estabilizado, como referido no ponto 7.1, e ao lixiviado.

A preparação do eluato foi efectuada de acordo com a Norma Europeia EN 12457-4 a uma amostra representativa do resíduo em estudo.

Na Tabela 4 (Tabela A.1, no anexo A, do presente trabalho) do Decreto-Lei n.º 183/2009, são definidos os parâmetros e os respectivos valores limite de lixiviação a analisar para posterior admissão do resíduo no aterro. Assim, os parâmetros analisados no lixiviado foram:

- pH - pelo método electrométrico 4500 B (APHA, 2005) no medidor de pH 632, METROHM;
- Condutividade - pelo método electroquímico, condutividade 2510 B (APHA, 2005), usando um condutivímetro LF 538, WTW (APHA, 2005);
- Sulfatos - através do método turbidimétrico com cloreto de bário. A absorvância da suspensão homogénea foi medida num espectrofotómetro UV-VIS - 160, SHIMADZU, ao comprimento de onda de 650 nm (Rodier, 1984);
- Cloretos - determinados através do método de Mohr, método de argentometria 4500 - Cl<sup>-</sup> B (APHA, 2005);
- Sólido Dissolvidos Totais (SDT) secos a 180 °C - o seu teor foi quantificado através do Método 2540 C (APHA, 2005);

- Carbono orgânico dissolvido (COD) - método de combustão a alta temperatura, Método 5310 B (APHA, 2005), realizado no analisador de carbono orgânico TNM-1 TOC-VCS N, SHIMADZU (APHA, 2005);
- Metais: para a digestão dos metais fez-se uma digestão com ácido nítrico, Método 3030 E (APHA, 2005), e os teores de metais (Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Ni, Mo, Pb e Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, método 3111 B (APHA, 2005), no aparelho de absorção atômica SpectrAA-300, VARION.



## Capítulo 8 Resultados e Discussão do Trabalho Experimental

### 8.1 Dosagem óptima de cal

Os ensaios laboratoriais de estabilização química foram realizados com dois tipos de cal. O primeiro ensaio foi realizado com CaO, da marca Riedel-de Haën, o segundo ensaio com Ca(OH)<sub>2</sub> da Rivaz Química.

Os resultados obtidos nas várias tentativas para chegar à dosagem óptima de cal apresentam-se nas Tabela 8.1 e 8.2, assim como os valores de pH resultantes da adição de quantidades diferentes de cal. As percentagens de CaO e Ca(OH)<sub>2</sub>, referem-se às dosagens de reagente comercial aplicado, não tendo sido considerado a pureza dos produtos nos valores apresentados.

**Tabela 8.1** Variação do pH em função da quantidade de cal adicionada (% CaO), 1º ensaio

% CaO	pH do resíduo
5,5	12,51
2,1	12,62
0,74	12,33

**Tabela 8.2** Variação do pH em função da quantidade de cal adicionada (% Ca(OH)<sub>2</sub>), 2º ensaio

% Ca(OH) <sub>2</sub>	pH do resíduo
5,0	12,72
1,0	12,31
0,92	11,61
0,38	11,26

Pela observação dos resultados obtidos, verifica-se, em ambos os casos, que a quantidade de cal necessária para estabilizar o resíduo, para isso o pH terá de ser superior a 12 como verificado anteriormente, é relativamente próxima, desse modo a escolha do tipo de cal a utilizar fica sujeita a questões económicas. Uma vez que a empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais, dispõe de cal apagada comercial que no momento não está a ser utilizada em nenhum processo, optou-se por utilizar o Ca(OH)<sub>2</sub> (cal apagada) disponível com base em questões financeiras, ambientais e também de segurança dos operadores (em comparação com a cal viva). Assim, após os cálculos efectuados, que podem ser consultados no Anexo C.2, conclui-se que para o resíduo em estudo é necessário adicionar aproximadamente 10 kg de cal

apagada comercial por cada tonelada de resíduo fresco, o equivalente a uma dosagem de 1%.

## 8.2 Caracterização do resíduo

Na Tabela 8.3 apresentam-se os resultados da caracterização do resíduo no momento da sua deposição no leito de secagem (A1) e das amostras retiradas ao longo do tempo em que o resíduo permaneceu no leito de secagem durante o tratamento de estabilização com cal (A2 e A3). O ensaio piloto de estabilização começou no dia 1 de Junho de 2012, com a adição da quantidade de cal apagada comercial da Rivaz Química calculada anteriormente (10 kg de cal apagada comercial por 1 t de resíduo fresco, de forma que esta dosagem garanta um pH inicial de 12.

As amostras retiradas foram:

- A1 – amostra para caracterização do resíduo no momento da sua deposição, no dia 10 de Maio de 2012;
- A2 – amostra retirada a meio do tratamento de estabilização, no dia 27 de Junho de 2012 (com 27 dias de secagem);
- A3 – no final do ensaio piloto, no dia 20 de Julho de 2012 (com 50 dias de secagem).

Pode-se verificar que o valor do pH aumentou da primeira amostra para a segunda mas esse valor desce, retomando aproximadamente ao valor inicial, na terceira amostra, nunca chegando ao valor de pH 12 que seria o necessário para reduzir o teor bacteriano do resíduo, assim, sugere-se a aplicação de cal apagada comercial quando se sentirem odores indicativos de atividade microbiológica. Esta necessidade pode ser comprovada pela análise dos valores de pH das amostras A2 (27 dias de secagem) e A3 (50 dias de secagem) da tabela 8.3.

Ao analisar a percentagem de humidade presente no resíduo, verifica-se que esta diminui ao longo do período do ensaio, o que revela que os leitos de secagem estão a possibilitar a secagem do resíduo, diminuindo assim o seu volume para posterior transporte até ao seu destino final. Assim, sugere-se um período de permanência de pelo menos 2 meses nos leitos de secagem, em tempo seco, e 3 meses em tempo húmido.

Os valores obtidos para o teor de carbono orgânico total do resíduo evidenciam que este possui um elevado teor de matéria orgânica o que seria de esperar pois é um resíduo proveniente de efluentes domésticos.

**Tabela 8.3 Resultados da caracterização do resíduo em estudo ao longo do tratamento**

Parâmetro Analítico	Unidades	Amostras		
		A1 (resíduo bruto)	A2 (após 27 dias)	A3 (após 50 dias)
<b>pH a 20°C</b>	-	6,3	7,2	6,4
<b>Humidade</b>	%	34,66	20,32	16,07
<b>COT</b>	g COT/ kg de resíduo	64,3	210	140

As figuras seguintes permitem visualizar as diferenças de aspecto do resíduo ao longo do ensaio. Na Figura 8.1 pode observar-se que o resíduo é bastante heterogéneo, contendo, entre outros, têxteis, areias, terras e gradados o que dificulta a sua caracterização. No final de um mês o resíduo já se apresenta relativamente mais seco, como traduz a redução da percentagem de humidade de 35 para 20% (Tabela 8.3). É de salientar a influência das condições metereológicas, que neste caso em particular são muito importantes. Note-se que o tratamento foi realizado entre junho e julho, com dias de muito calor que favorecem a secagem do resíduo. Ao fim de aproximadamente dois meses (50 dias) o resíduo já apresentava um teor de humidade muito baixo (16%), como também se pode observar pela Figura 8.3, o que mostra que a secagem foi conseguida e que o resíduo já poderá ser transportado para destino final.

**Figura 8.1 Resíduo após chegada aos leitos de secagem****Figura 8.2 Resíduo com um mês de tratamento**



**Figura 8.3 Resíduo no final do tratamento**

### **8.3 Caracterização do eluato**

Foram analisados todos os parâmetros referidos na tabela 4 da parte B do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009, excepto fluoretos, arsénio, mercúrio, antimónio e selénio, pois não existiam condições laboratoriais para a sua determinação. Os resultados dos parâmetros que foram analisados para caracterização do eluato, ao longo do ensaio piloto, apresentam-se na Tabela 8.4.

Ao analisar os resultados obtidos, verifica-se que os valores dos parâmetros cloretos, sulfatos e SDT estão sempre abaixo do limite de lixiviação admissível em aterro para resíduos não perigosos.

Para o carbono orgânico dissolvido, os valores obtidos são superiores a 1000 mg/kg de matéria seca, valor limite de lixiviação aceitável. O Decreto-Lei n.º 183/2009, no entanto, define que se o aterro for destinado à admissão de resíduos orgânicos, ou se o resíduo não for suscetível de fermentar, este valor pode ser ultrapassado. A razão entre o COT do resíduo e o COD do eluato permitiu obter a percentagem de lixiviação do carbono orgânico, situando-se entre os 3 a 4 % de lixiviação para os ensaios realizados.

O valor do pH é básico, o que é favorável pois desta forma minimiza a lixiviação de metais, o que não é de todo aconselhável.

Os valores para a condutividade, medida dos sais dissolvidos, não são muito elevados, 0,5 mS/cm, pelo que não é preocupante.

Ao analisar os resultados para os níveis de metais, verifica-se que apenas o zinco, na última amostra, apresenta um valor acima do limite de lixiviação admissível em aterro de resíduos não perigosos, 61 mg/kg de resíduos seco, no entanto este valor não está muito acima do limite admissível (50 mg/kg de resíduos seco). Pela observação do histórico do resíduo através do boletim de análise, que se encontra na figura B.1 do Anexo B, realizado pela empresa em laboratório acreditado verifica-se que o valor do zinco é baixo e não

ultrapassa o limite de lixiviação, o que sugere que o valor encontrado poderá estar afectado de um erro, nomeadamente de amostragem, tendo em conta a heterogeneidade do resíduo, o que dificulta a obtenção de uma amostra representativa. Por outro lado de acordo com o Decreto-Lei n.º 183/2009, o resíduo está classificado como “gradados” e “resíduos de limpeza de esgotos”, códigos LER 19 08 01 e 20 03 06 respectivamente, ou seja, resíduos urbanos classificados como não perigosos admitidos em aterros para resíduos não perigosos. Não havendo necessidade de caracterização básica no caso do resíduo classificado com o código LER 20 sugere-se a sua recolha e secagem em separado caso seja mais vantajoso. Atualmente são recolhidos separadamente mas misturados nos leitos de secagem pois a quantidade deste último é muito inferior, cerca de 200 t/ano, comparado com 800 t/ano respectivamente para os resíduos com os códigos LER 20 03 06 e 19 08 01.

É de salientar também que os valores dos parâmetros bário e crómio vêm afectados de um erro experimental, devido às condições operatórias que não foram as condições aconselhadas para estas determinações. Foi usada uma chama ar/acetileno em vez de ar/protóxido de azoto, pois não se encontrava disponível no laboratório de tecnologia do Instituto Superior de Engenharia do Porto, onde a análise foi realizada.

**Tabela 8.4 Resultados da análise ao eluato e valores limite de lixiviação para admissão em aterro para resíduos não perigosos**

Parâmetro Analítico	Unidades	Amostras			Valor limite de lixiviação
		A1 (resíduo bruto)	A2 (após 50 dias)	A3 (após 50 dias)	
<b>pH a 20°C</b>	-----	7,57	8,09	7,97	-
<b>Condutividade eléctrica a 20°C</b>	mS /cm	0,538	0,476	0,545	-
<b>Cálcio</b>	mg Ca/kg amostra seca	-	-	2713	-
<b>Bário</b>	mg Ba/kg amostra seca	<10 <sup>LQ</sup>	<10 <sup>LQ</sup>	<10 <sup>LQ</sup>	100
<b>Cádmio</b>	mg Cd/kg amostra seca	<1 <sup>LQ</sup>	<1 <sup>LQ</sup>	<1 <sup>LQ</sup>	2
<b>Crómio total</b>	mg Cr/kg amostra seca	<2 <sup>LQ</sup>	<2 <sup>LQ</sup>	<2 <sup>LQ</sup>	20
<b>Cobre</b>	mg Cu/kg amostra seca	<10 <sup>LQ</sup>	<10 <sup>LQ</sup>	<10 <sup>LQ</sup>	50
<b>Molibdénio *</b>	mg Mo/kg amostra seca	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	10
<b>Níquel</b>	mg Ni/kg amostra seca	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	10
<b>Chumbo</b>	mg Pb/kg amostra seca	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	<4 <sup>LQ</sup>	10
<b>Zinco</b>	mg Zn/kg amostra seca	5,75	4,82	61,0	50
<b>Cloreto</b>	mg Cl/kg amostra seca	496	99,3	49,6	50000
<b>Sulfato</b>	mg SO <sub>4</sub> /kg amostra seca	64,9	331,8	254,2	20000
<b>Carbono Orgânico Dissolvido</b>	mg COD/kg amostra seca	2857	5354	3903	(a) 1000
<b>Sólidos dissolvidos totais</b>	mg/kg amostra seca	9800	21400	11300	60000

(a) Sempre que o aterro for especialmente destinado à admissão de resíduos orgânicos, este valor poderá ser ultrapassado. Também poderá ser ultrapassado sempre que se tratar de um resíduo que não seja susceptível de fermentar.

LQ - Limite de quantificação: valor a partir do qual a detecção não é quantitativa.

\* Parâmetro determinado por outro laboratório do ISEP.

Foi efectuada a análise do teor de cálcio no lixiviado de forma a perceber qual seria o nível de lixiviação deste parâmetro no resíduo. Partindo dos cálculos efectuados anteriormente em que a adição de cal apagada comercial seria de 10 kg de cal para 1 t de resíduo fresco e que o resíduo no final do tratamento teria 16% de humidade, consegue-se determinar que teria aproximadamente 6,4 g Ca/kg de resíduo seco. A análise do teor de cálcio no eluato conduziu ao valor de 2,7 g Ca/kg de resíduo seco e através desses valores consegue-se avaliar a percentagem de lixiviação que para este caso será de 42 %.

## Capítulo 9 Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho consistiu no estudo da gestão de resíduos produzidos no sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do município de Vila Nova de Gaia. A empresa responsável pela distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais, está certificada pela norma NP EN ISO 14001 desde 2001. Um dos objectivos do trabalho foi o enquadramento da gestão de resíduos em estudo na referida norma.

Para o resíduo em estudo foram analisadas as opções de tratamento e minimização de impactes nos leitos de secagem de uma antiga ETAR de loteamento, onde será o local de armazenamento temporário para o resíduo.

Uma das medidas propostas para a minimização de impactes no local de armazenamento temporário do resíduo foi a estabilização com cal. Este tratamento foi considerado o mais adequado e economicamente viável com base nas características do resíduo e dos meios existentes na instalação para o tratamento. Os tratamentos térmicos e biológicos seriam muito dispendiosos, e uma vez que a instalação não é o destino final do resíduo, já que após o pré-tratamento com cal este será enviado para outro operador de gestão de resíduos, conclui-se que não se justificaria tal investimento. Outra consideração que foi tida em conta para a escolha do tratamento prendeu-se com a disponibilidade dos leitos de secagem na instalação, que permitem só por si a secagem, com envio dos lixiviados para coletor de saneamento, e por se tratar de um local apropriado ao tratamento com cal. Esta opção permite uma economia para a realização do tratamento, já que não é necessário o investimento em novas instalações.

Para o tratamento de estabilização concluiu-se que será necessário 10 kg de cal apagada comercial por cada tonelada de resíduo fresco, o equivalente a uma dosagem de 1%, com um período mínimo de secagem de 2 meses. Outra das medidas de minimização de impactes selecionada foi a implantação de uma cortina arbórea ao redor da instalação, de forma a minimizar os odores e impacte visual.

A escolha do destino final apropriado para o resíduo em estudo centrou-se nas características do resíduo, incluindo a sua composição e origem e também com base em análises químicas realizadas durante o estudo. Sendo o resíduo em estudo muito heterogéneo, constituído principalmente por areias, terras e gradados, a valorização foi equacionada mas não foram encontradas alternativas viáveis. O destino final considerado como mais adequado, tendo em conta todas as características do resíduo analisadas, bem como os requisitos legais, foi o aterro para resíduos não perigosos.

Através das análises realizadas ao resíduo antes e após a adição com cal, verifica-se que a cal não teve influência significativa nos parâmetros de admissão em aterro. No

entanto, o pré-tratamento é vantajoso para a estabilização do resíduo, diminuição da humidade e microrganismos.

Foi também objecto do estudo a identificação e análise de todos os aspectos ambientais relacionados com a gestão de resíduos e a avaliação da sua significância. A identificação e avaliação dos aspectos ambientais da empresa foram realizadas de acordo com o procedimento interno da empresa.

Através do referido procedimento, foram identificados catorze aspectos ambientais dos quais onze são futuros pois estão relacionados com ações a implementar no futuro, mas que são planeadas no presente e abordados neste trabalho. Os restantes aspectos ambientais ocorrem presentemente é o caso dos resíduos armazenados (gradados/limpeza de redes) e os que podem ocorrer em situações de emergência como a fuga/derrame de óleos/combustíveis devido ao transporte rodoviário do resíduo e cheiros/odores dada a origem do resíduo em estudo.

De forma a minimizar os aspectos ambientais identificados, foram propostas ações que estão esquematizados num programa de gestão onde se definem os objectivos, metas e prazos. As principais medidas propostas no programa de gestão foram:

- Estabilização com cal (inicial e reforço se necessário);
- melhoria do espaço envolvente, nomeadamente a construção de via de acesso e de instalações de poio, ligação à rede de água e saneamento, limpeza do terreno;
- análise de questões de saúde ocupacional/segurança;
- ações de sensibilização ambiental e segurança aos profissionais;
- adjudicação de prestação de serviços da recolha por operador licenciado;
- implantação da cortina arbórea;
- registo no SIRAPA;
- criação planos de emergência ambiental e de segurança.

Apresentam-se as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Estudo vocacionado para a valorização do resíduo, nomeadamente avaliar a possibilidade de incorporação do resíduo na indústria de cerâmicas ou em cimenteiras;
- Repetição do ensaio piloto e caracterização analítica efectuada separando os dois tipos de resíduos, “gradados” e “resíduos de limpeza de esgotos”, de forma a avaliar se esta situação será mais vantajosa para a empresa;

- Dependendo da emissão de odores, a adição intermédia de cal para garantir um pH acima de 12 deverá ser acompanhada de análises microbiológicas ao resíduo sólido de forma a confirmar a inexistência de microrganismos patogénicos.



## Lista de referências bibliográficas

Agência Portuguesa do Ambiente. “Dossier de Prevenção (redução) de Resíduos.” Amadora, 2008.

Águas de Gaia, 2012. <http://www.aguasgaia.eu> (acedido em 06 de Março de 2012).

Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM. “Identificação de aspectos ambientais e avaliação da sua significância.” *Procedimento Geral da Qualidade/Ambiente/Segurança-PGQAS13*. 2009.

Alves, M. M. S. “Estudo e Caracterização de Digestores Anaeróbios de Leito Fixo.” *UNIVERSIDADE DO MINHO*. 1998.

APCER, norma 14001. “Guia Interpretativo NP EN ISO 14001:2004.” Outubro de 2009.

APHA, AWWA, WEF. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.” Washington DC, 2005.

Caetano, N. “Tratamento de Resíduos Sólidos - texto de apoio às aulas.” *Mestrado em Engenharia Química, ISEP*. 2011.

Cesan. *Qualidade em Saneamento*. 2012. <http://www.cesan.com.br/news> (acedido em 22 de Março de 2012).

Decreto-Lei n.º 183/2009. “Estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na concepção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros.” *Diário da República*. 10 de Agosto de 2009.

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho. “Regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos.” *Diário de República*. 2011.

EN 12457-4:2002. *Characterization of waste-Leaching-Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges-Parte 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10l/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction).*

Menezes, D.O., Silvino, G. e Neto, A.C.. “Orientações Básicas para Operações de Estações de Tratamento de Esgotos.” *Feam-Fundação Estadual do Meio Ambiente*. Belo Horizonte, 2006.

Metcalf e Eddy. *Wastewater Engineering - Treatment, Disposal Reuse, Third Edition*. McGraw Hill International Editions, 1991.

NP EN ISO 14001:2004. “Sistemas de gestão ambiental, Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.(ISO 14001:2004).

Oliveira, J. F. S., Mendes, B. e Lapa, N.. *Resíduos: Gestão, Tratamento e a sua Problemática em Portugal*. LIDEL, 2009.

Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. “Lista de Resíduos.” *Diário da República*. 2004.

Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio. “Fixa as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos dentro do território nacional.” *Diário da República*. 1997.

Rodier, J. *L'analyse de l'eur*. Dunod: 7, 1984.

Samaras, P., Papadimitriou, C.A., Haritou, I. e Zouboulis, A.I. *Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime*. *Journal of Hazardous Materials*, 2008.

Soares, E.V. “Biologia e Processos Biológicos – cópia das transparências projectadas nas aulas.” *ISEP*. 2007.

Wang, X.J., Chen, L., Xia, S.Q., Chovelon, J.M. e Jaffrezic-Renault, N. *Speciation of heavy metals in sewage sludge co-composted with sodium sulfide and lime*. 2006.

# Anexos



## Anexo A Valores dos Limites de Lixiviação

Tabela A.1 Valores limite de lixiviação para resíduos não perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009)

Componente	mg/kg de matéria seca
	- L/S (*) =10 L/kg
<b>As</b> .....	5
<b>Ba</b> .....	100
<b>Cd</b> .....	2
<b>Cr total</b> .....	20
<b>Cu</b> .....	50
<b>Hg</b> .....	0,5
<b>Mo</b> .....	10
<b>Ni</b> .....	10
<b>Pb</b> .....	10
<b>Sb</b> .....	0,7
<b>Se</b> .....	0,5
<b>Zn</b> .....	50
<b>Cloreto (b)</b> .....	50 000
<b>Flureto</b> .....	250
<b>Sulfato (b)</b> .....	20 000
<b>COD</b> .....	(a) 1000
<b>SDT (b) (sólidos dissolvidos totais)</b> .....	60 000

(\*) Relação líquido/sólido para libertação total.

(a) Sempre que o aterro for especialmente destinado à admissão de resíduos orgânicos, este valor poderá ser ultrapassado. Também poderá ser ultrapassado sempre que se tratar de um resíduo que não seja susceptível de fermentar.

(b) Os valores para SDT podem ser utilizados em alternativa aos valores para o sulfato e o cloreto.

Tabela A.2 Valores limite de lixiviação para resíduos perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009)

Componente	mg/kg de matéria seca
	- L/S (*) =10 L/kg
<b>As</b> .....	25
<b>Ba</b> .....	300
<b>Cd</b> .....	5
<b>Cr total</b> .....	70
<b>Cu</b> .....	100
<b>Hg</b> .....	2

<b>Mo</b> .....	30
<b>Ni</b> .....	40
<b>Pb</b> .....	50
<b>Sb</b> .....	5
<b>Se</b> .....	7
<b>Zn</b> .....	200
<b>Cloreto (b)</b> .....	25 000
<b>Flureto</b> .....	500
<b>Sulfato (b)</b> .....	50 000
<b>COD</b> .....	(a) 1000
<b>SDT (b)</b> .....	100 000

(\*) Relação líquido/sólido para libertação total.

(a) Se o resíduo não satisfizer este valor relativamente ao COD ao seu próprio valor de pH, este poderá ser alternativamente verificado com L/S = 10 l/kg e a um pH entre 7,5 e 8,0. O resíduo pode ser considerado conforme aos critérios de admissão para COD se o resultado dessa determinação não exceder 1000 mg/kg (está disponível um projeto de método baseado na prEN 14429).

(b) Os valores para SDT podem ser utilizados em alternativa aos valores para o sulfato e o cloreto.

**Tabela A.3 Outros valores limite para resíduos perigosos (Decreto-Lei n.º 183/2009)**

Parâmetros	Valor
<b>PI (perda por ignição) (a)</b> .....	10%
<b>COT (a)</b> .....	6% (b)
<b>CNA</b> (capacidade de neutralização de ácidos) ...	Deve ser avaliado (c)

(a) Deve ser utilizado o parâmetro PI ou COT.

(b) Se este valor for ultrapassado, a entidade licenciadora pode admitir um valor limite superior, desde que seja respeitado o valor limite de COD de 1000 mg/kg com L/S = 10 l/kg ao pH do próprio material ou a um pH de entre 7,5 e 8,0.

(c) De acordo com a parte C do anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009.

## Anexo B Boletim de análise ao eluato

Tabela B.1 Boletim de análise do eluato em Novembro de 2009, fornecido pela empresa de distribuição de água e pela drenagem e tratamento de águas residuais

Parâmetro Analítico	Unidades	Valor obtido	Valor limite de lixiviação
<b>pH a 20°C</b>	-----	6,8	-
<b>Condutividade eléctrica a 20°C</b>	mS /cm	0,28	-
<b>Arsénio</b>	mg As / kg amostra seca	0,026	5
<b>Bário</b>	mg Ba / kg amostra seca	0,26	100
<b>Cádmio</b>	mg Cd / kg amostra seca	0,005	2
<b>Crómio total</b>	mg Cr / kg amostra seca	0,017	20
<b>Cobre</b>	mg Cu / kg amostra seca	0,051	50
<b>Mercúrio</b>	mg Hg / kg amostra seca	<0,002 <sup>LQ</sup>	0,5
<b>Molibdénio</b>	mg Mo / kg amostra seca	0,061	10
<b>Níquel</b>	mg Ni / kg amostra seca	0,35	10
<b>Chumbo</b>	mg Pb / kg amostra seca	0,11	10
<b>Antimónio</b>	mg Sb/ kg amostra seca	0,021	0,7
<b>Selénio</b>	mg Se / kg amostra seca	<0,02 <sup>LQ</sup>	0,5
<b>Zinco</b>	mg Zn / kg amostra seca	0,77	50
<b>Cloreto</b>	mg Cl / kg amostra seca	18	50000
<b>Fluoreto</b>	mg SO <sub>4</sub> / kg amostra seca	<2 <sup>LQ</sup>	250
<b>Sulfato</b>	mg F / kg amostra seca	590	20000
<b>Carbono Orgânico Dissolvido</b>	mg COD / kg amostra seca	210	(a) 1000
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	mg / kg amostra seca	2320	60000

LQ - Limite de quantificação: valor a partir do qual a detecção não é quantitativa.



## Anexo C Cálculos

### C.1 Cálculo do teor de humidade

Para determinar o teor de humidade, secou-se uma amostra com o resíduo pesado rigorosamente, a 105°C durante 2 h até peso constante numa estufa. Posteriormente foi colocado em excicador até arrefecer e pesado de seguida o cadinho com a amostra seca.

A expressão para calcular o teor de humidade é a seguinte:

$$\text{Humidade (\% em massa)} = \frac{m_{as} - m_{ah}}{m_{ah}} \quad \text{Equação C.1}$$

$m_{as}$ - massa da amostra seca (g)

$m_{ah}$ - massa da amostra húmida (g)

Tabela C.1 Valores experimentais para o cálculo da humidade

Amostra	A1		A2		A3	
Massa da amostra húmida (g)	9,194	8,044	1,286	1,125	1,689	2,015
Massa da amostra seca (g)	5,799	5,439	1,051	0,873	1,455	1,646

### C.2 Cálculo para a dosagem óptima de cal

Para este cálculo seleccionou-se o ensaio para o qual foi necessária a menor quantidade de cal, de forma a estabilizar o resíduo para pH igual ou superior a 12.

Para conhecer a quantidade de cal a adicionar a 1 tonelada de resíduo utilizou-se a seguinte expressão:

$$\text{massa de cal a utilizar por 1 tonelada de resíduo} = \frac{1 \text{ t de resíduo} \times \text{massa de Cal utilizada no ensaio (g)}}{\text{massa de resíduo utilizado no ensaio (g)}} \quad \text{Equação C.2}$$

### C.3 Determinação dos sólidos dissolvidos totais

A expressão utilizada para determinar os sólidos dissolvidos totais (SDT):

$$\text{SDT} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume da amostra (mL)}} \quad \text{Equação C.3}$$

A – massa do resíduo seco+ cadinho (mg)

B – massa do cadinho (mg)

Para converter mg SDT/L de eluato em mg SDT/kg de matéria seca de resíduo pela norma EN12457-4:

$$SDT \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = SDT \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 10 \left( \frac{\text{L}}{\text{kg}} \right) \quad \text{Equação C.4}$$

**Tabela C.2 Resultados experimentais e cálculos para a concentração de SDT no resíduo**

Amostra	A1	A2	A3
Massa cadinho (mg)	93265,9	101978,7	93272,9
Massa do resíduo + cadinho (mg)	93275,7	102000,1	93284,2
Volume da amostra (ml)	10,00	10,00	10,00
SDT (mg/L)	980	2140	1130
SDT (mg/kg)	9800	21400	11300

#### C.4 Cálculos para a determinação do teor de cloretos

$$\text{Cloretos} \left( \frac{\text{mg Cl}}{\text{L}} \right) = \frac{N_{\text{tit}} \times (V_A - V_B) \times 35450}{V_{\text{toma}}} \quad \text{Equação C.5}$$

Para converter mg Cl/L de eluato em mg Cl/kg de matéria seca de resíduo pela norma EN12457-4:

$$\text{Cloretos} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \text{Cloretos} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 10 \left( \frac{\text{L}}{\text{kg}} \right) \quad \text{Equação C.6}$$

$N_{\text{tit}}$  – Normalidade do nitrato de prata

$V_A$  – Volume de nitrato de prata gasto na titulação da amostra (ml)

$V_B$  – Volume de nitrato de prata gasto na titulação do branco (ml)

$V_{\text{toma}}$  – Volume de amostra usado (ml)

**Tabela C.3 Resultados experimentais e cálculos para a concentração de cloretos no resíduo**

Amostra	A1	A2	A3
Volume gasto na titulação (ml)	1,90	1,10	1,00
Cloretos diluídos 10x (mg/L)	4,96	0,993	0,496
Cloretos (mg/L)	49,6	9,93	4,96
Cloretos (mg/kg)	496	99,3	49,6

**Normalidade** – 0,014

**V<sub>B</sub>** – 0,9 ml

### C.5 Cálculos para a determinação do teor de sulfatos

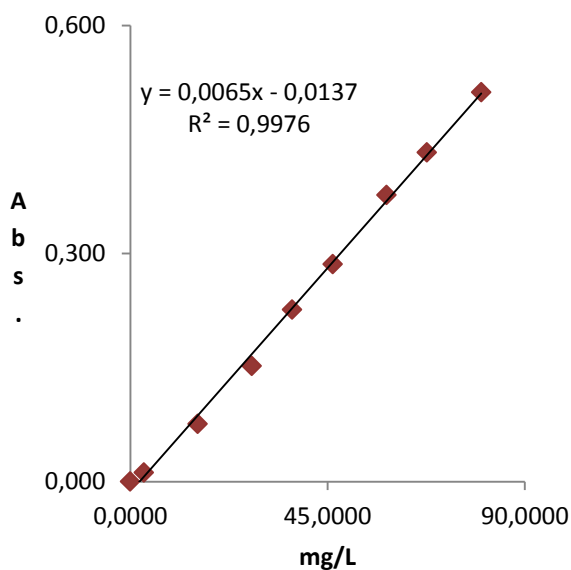
Para a determinação da concentração de sulfato no resíduo utilizou-se a seguinte expressão:

$$\text{Sulfatos} \left( \frac{\text{mg SO}_4^{2-}}{\text{L}} \right) = C \times \frac{39,00}{V} \quad \text{Equação C.7}$$

C – mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/L dados pela curva de calibração, através da leitura no espectrofotómetro

V – Volume da toma usada (ml)

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de sulfatos está representada na Figura C.1.



**Figura C.1** Representação gráfica da curva de calibração para os Sulfatos

Para converter mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/L de eluato em mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de matéria seca de resíduo pela norma EN 12457-4:

$$\text{Sulfato (mg/kg)} = \text{Sulfato} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 10 \left( \frac{\text{L}}{\text{kg}} \right) \quad \text{Equação C.8}$$

Tabela C.4 Registo da absorvância e cálculo do teor de sulfatos

Amostra	A1		A2		A3	
Absorvância	0,037	0,02	0,208	0,196	0,156	0,147
Absorvância média (A)	0,0285		0,202		0,1515	
Sulfatos (mg/L)	6,49		33,2		25,42	
Sulfatos (mg/kg)	64,9		331,8		254,2	

## C.6 Análise de metais

Na realização das análises aos metais, a amostra foi concentrada duas vezes e em algumas leituras a mesma amostra foi diluída para se conseguir quantificar o metal em análise. Para converter os metais em mg/kg de matéria seca de resíduo utilizou-se a seguinte expressão:

$$Metal \left( \frac{mg}{kg} \right) = Metal \left( \frac{mg}{L} \right) \times 10 \left( \frac{L}{kg} \right) \quad \text{Equação C.9}$$

Os metais analisados e os respectivos cálculos serão apresentados em seguida.

- **Zinco**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de zinco está representada na figura seguinte.

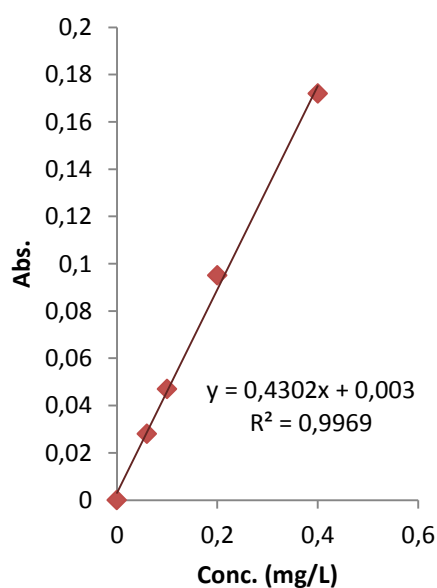


Figura C.2 Representação gráfica da curva de calibração para o Zinco

Tabela C.5 Registo da absorvância e cálculo do teor de Zinco

Amostra	A1	A2	A3
Abs.	0,102	0,086	0,045
Conc. (mg/L)	0,230	0,193	0,098
Concentrada 2X		Diluição 5x	Diluição 125x
Conc. Real (mg/L)	0,575	0,482	6,102
Conc. (mg/kg resíduo)	5,753	4,823	61,018

- **Cádmio**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de cádmio está representada na figura seguinte.

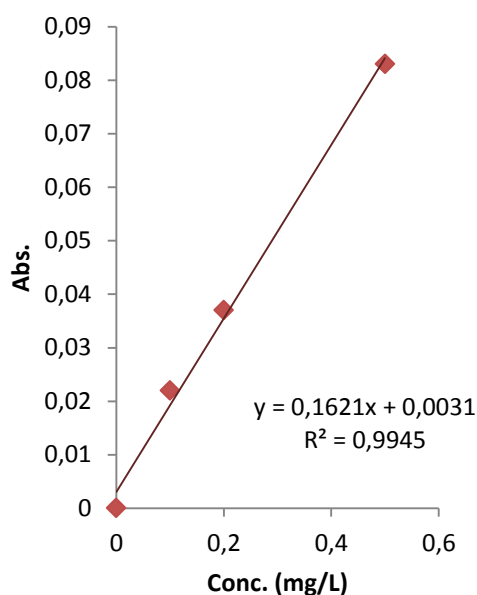


Figura C.3 Representação gráfica da curva de calibração para o Cádmio

Tabela C.6 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cádmio

Amostra	A1	A2	A3
Abs.	0,010	0,016	0,011
Conc. (mg/L)	<0,1 <sup>LQ</sup>	<0,1 <sup>LQ</sup>	<0,1 <sup>LQ</sup>

- **Cálcio**

Para a análise do cálcio na amostra, foi utilizada a seguinte recta de calibração obtida na leitura dos padrões no aparelho de absorção atómica.

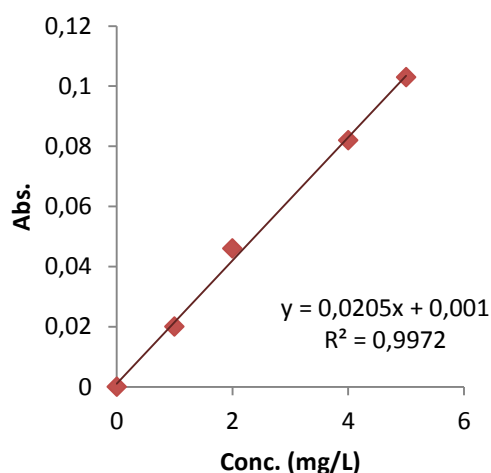


Figura C.4 Representação gráfica da curva de calibração para o Cálcio

Tabela C.7 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cálcio

Amostra	A1	A2	A3
Abs	>0,5	>0,5	0,09
Conc. (mg/L)	-	-	4,341
Concentrada 2x			Diluição 125x
Conc. Real (mg/L)			271,3
Conc. (mg/kg resíduo)			2713

- **Crómio Total**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de crómio total está representada na figura seguinte.

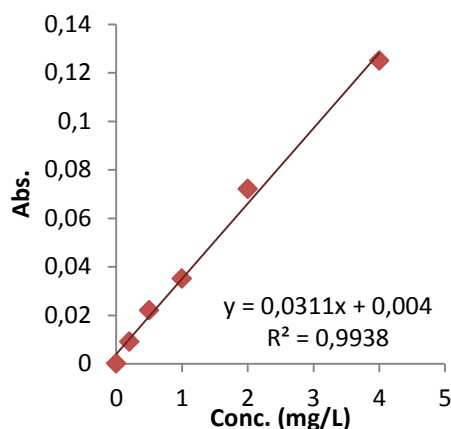


Figura C.5 Representação gráfica da curva de calibração para o Crómio Total

Tabela C.8 Registo da absorvância e cálculo do teor de Crómio total

Amostra	A1	A2	A3
Abs.	0,001	0,004	0,004
Conc. (mg/L)	<0,2 <sup>LQ</sup>	<0,2 <sup>LQ</sup>	<0,2 <sup>LQ</sup>

- **Cobre**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de cobre está representada na figura seguinte.

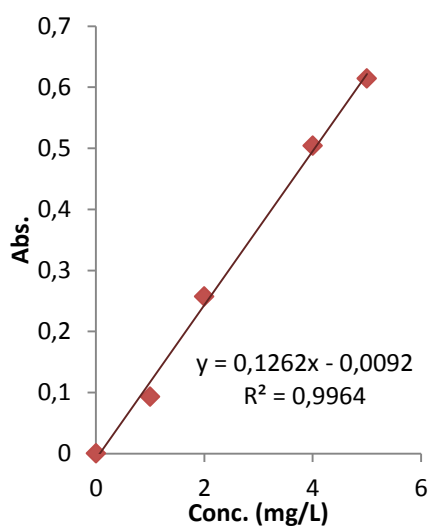


Figura C.6 Representação gráfica da curva de calibração para o Cobre

Tabela C.9 Registo da absorvância e cálculo do teor de Cobre

Amostra	A1	A2	A3
Abs.	0,014	0,034	0,042
Conc. (mg/L)	<1 <sup>LQ</sup>	<1 <sup>LQ</sup>	<1 <sup>LQ</sup>

- **Níquel**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de níquel está representada na figura seguinte.

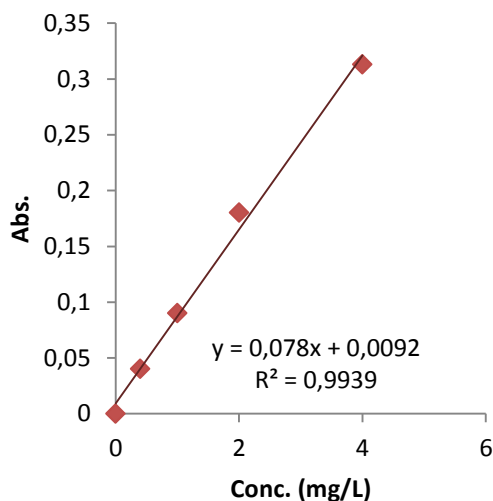


Figura C.7 Representação gráfica da curva de calibração para o Níquel

Tabela C.10 Registo da absorvância e cálculo do teor de Níquel

Amostra	A1	A2	A3
Abs	0,017	0,007	0,031
Conc. (mg/L)	<0,4 <sup>LQ</sup>	<0,4 <sup>LQ</sup>	<0,4 <sup>LQ</sup>

- **Chumbo**

A curva de calibração utilizada nos cálculos do teor de chumbo está representada na figura seguinte.

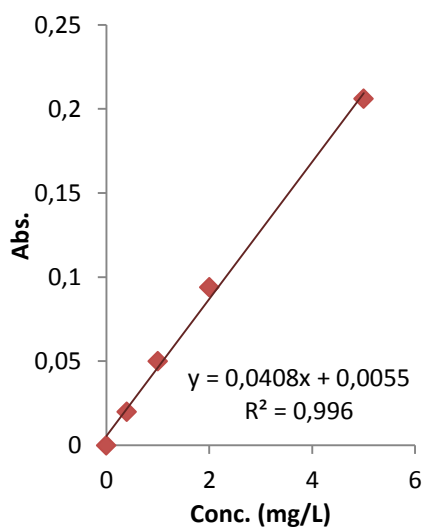


Figura C.8 Representação gráfica da curva de calibração para o Chumbo

Tabela C.11 Registo da absorvância e cálculo do teor de Chumbo

Amostra	A1	A2	A3
Abs	0,007	0,015	0,018
Conc. (mg/L)	<0,4 <sup>LQ</sup>	<0,4 <sup>LQ</sup>	<0,4 <sup>LQ</sup>

## C.7 Preparação do eluato

As expressões usadas para o cálculo do volume de lixiviante retidos da Norma Europeia EN 12457-4:2002.

- Percentagem de Materia Seca – **DR**

$$DR (\%) = 100 \times \frac{M_D}{M_W} \quad \text{Equação C.10}$$

Onde:

$M_D$  – massa seca (kg)

$M_W$  – massa humida (kg)

- Percentagem de humidade em base seca –  **$M_c$**

$$M_c (\%) = 100 \times \frac{(M_W - M_D)}{M_D} \quad \text{Equação C.11}$$

- Massa total a pesar –  **$M_w'$**

$$M_w' (kg) = 100 \times \frac{M_D'}{DR} \quad \text{Equação C.12}$$

A norma especifica que a massa total a pesar ( $M_w'$ ) deve conter  $0,090 \pm 0,005$  kg de massa seca  $M_D'$ .

- Volume de lixiviante a adicionar – **L**

$$L = \left(10 - \frac{M_c}{100}\right) \times M_D \quad \text{Equação C.13}$$

Na Tabela C.12 estão registados os valores resultantes dos cálculos efectuados de acordo com a norma europeia EN 12457-4:2002. É de salientar que na amostra A2 a massa pesada e conseqüentemente o volume de lixiviado utilizado para o ensaio foi metade do valor calculado por não existir resíduo suficiente.

**Tabela C.12 Resultados dos cálculos efectuados para a preparação do eluato**

<b>Amostra</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>M<sub>w</sub> (kg)</b>	0,0086	0,0012	0,0019
<b>M<sub>D</sub> (kg)</b>	0,0056	0,0010	0,0016
<b>DR (%)</b>	65,20	79,80	83,70
<b>M<sub>C</sub> (%)</b>	53,41	25,28	19,42
<b>M<sub>w</sub>' (kg)</b>	0,138	0,113	0,107
<b>L (L)</b>	0,852	0,877	0,883