

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU

Clarisse Carvalho

ESTUDO PARA A CONCEÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
DE REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar ao Professor Doutor Pedro Baila Antunes a oportunidade de realizar este trabalho, por ter aceitado orienta-lo, a sua participação foi fundamental. De igual modo agradeço a sua ajuda, disponibilidade, preocupação... Enfim, agradeço por tudo o que fez por mim.

À Limpa Canal por proporcionar realização deste trabalho e disponibilizar toda a informação necessária.

Agradeço ao Hugo Braz e à Dina Nunes a disponibilidade e prontidão na ajuda à concretização do desenho do sistema.

E como não poderia deixar de ser, deixo um agradecimento especial a todos aqueles que me são mais queridos e que por causa deste trabalho, direta ou indiretamente foram penalizados de alguma forma. Em especial ao meu marido Paulo, por ser um pilar na minha vida e ao meu filhote Salvador, que apesar de ainda não se aperceber, veio dar muita vida à minha. Foram fundamentais na coragem e força nos momentos de maior desânimo.

A todos os que contribuíram para a conclusão da minha tese o meu sincero BEM HAJA.

Resumo

A drenagem de águas residuais é uma preocupação urbana antiga, tendo surgido, fundamentalmente por questões de saúde pública, contudo nos últimos anos esta tendência tem-se alterado prendendo-se actualmente com questões de otimização e aumento de rentabilidade, quer a nível de investimento, quer a nível de operação das redes de drenagem.

Neste contexto, a manutenção das redes de drenagem é essencial para o seu bom funcionamento, sendo, as empresas conhecidas como “limpa-fossas” elemento imprescindível nestas situações.

As empresas prestadoras de serviços ao nível da manutenção de redes de drenagem, enfrentam actualmente alguns problemas ao nível da deposição dos resíduos produzidos nas operações de manutenção, quer ao nível da escassez e localização de locais para deposição, quer ao nível dos elevados valores estabelecidos para tratamento e deposição final.

É neste sentido, que surge este estudo, que poderá ser, uma resolução a esta problemática apresentando um “Estudo para a Conceção de Sistema de Tratamento de Resíduos de Redes de Drenagem de Águas Residuais Urbanas.

Com esta investigação pretende-se efectuar um projeto de viabilidade técnico-científica para a conceção de um sistema integrado de tratamento e deposição final de resíduos gerados na manutenção e reabilitação de redes de drenagem urbanas e estruturas conexas, perspetivando as especificidades nacionais.

Este trabalho surge no âmbito da unidade curricular de Projeto do curso de Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

Palavras – Chave: redes de drenagem, águas residuais, águas pluviais, tratamento de resíduos, manutenção, digestão anaeróbia, compostagem

Abstract

The sewerage is an ancient urban concern has arisen, primarily for public health issues, however in last years this trend has changed now tying up with issues of optimization and increase profitability, both in terms of investment, and operation of drainage systems.

In this context, the maintenance of drainage systems is essential for its proper functioning, and the companies known as "vacuum truck" essential element in these situations.

Companies providing services at the level of maintenance of drainage systems, are facing some problems in the disposal of waste produced in maintenance operations, in terms of scarcity and location of places for deposition, and also the high level of values established for treatment and final disposal.

In this sense, it appears this study, which may be a resolution to this problem by presenting a "Study for the Conception of Waste Treatment System Network of the Urban Waste Water Drainage.

This research aims to make a project of technical-scientific approach to the design of an integrated system of treatment and final disposal of waste generated in the maintenance and rehabilitation of urban drainage systems and related facilities, foreseeing national specificities.

This work appears in the course of the Project Master's degree in Environmental Technology, School of Management and Technology of Viseu.

Key-words: sewers networks, wastewater, storm water, waste management, maintenance, anaerobic digestion, composting

Índice do Texto

Capítulo 1. Introdução	13
1.1 Considerações Iniciais	14
1.1. Âmbito e objetivos da tese	17
1.2. Estrutura da tese	18
Capítulo 2. Estado da Arte	19
2.1 A Problemática dos Resíduos de Redes de Drenagem	20
2.2 Realidade Nacional e Internacional	23
Capítulo 3. Caracterização dos Resíduos produzidos em sistemas de drenagem Urbanos	29
3.1 Tipos de sistemas de drenagem.....	30
3.2 Resíduos da Limpeza de Fossas Séticas	32
3.3 Resíduos da Limpeza de Redes de Drenagens.....	35
3.3.1 Equiparados a Resíduos Sólidos Urbanos.....	37
3.3.2 Areias e Sólidos Inertes	38
3.3.3 Óleos e Gorduras.....	40
3.3.4 Resíduos Verdes.....	42
3.3.5 Outros Resíduos Não Biodegradáveis	43
3.4 Metodologias de tratamento dos resíduos	44
3.4.1 Espessamento	45
3.4.2 Desidratação.....	46
3.4.3 Digestão Anaeróbia.....	49
3.4.4 Compostagem	55
3.4.5 Odores Indesejáveis	59
Capítulo 4. Enquadramento Legal	63
4.1 Legislação Comunitária	64
4.2 Legislação Nacional	65
Capítulo 5. A Empresa Limpa Canal	71
5.1 Apresentação da Empresa	72
5.2 Principais atividades desenvolvidas pela Empresa.....	73
5.2.1 Limpeza e Desobstrução de redes e órgão acessórios	73
5.2.2 Inspeção Vídeo.....	76
5.2.3 Reabilitação das redes de drenagem	77
Capítulo 6. Conceção do Sistema de Tratamento de Resíduos	81

6.1	Considerações sobre a viabilidade do sistema de tratamento proposto	82
6.2	Critérios básicos para a conceção	83
6.3	Resíduos produzidos e seu processamento-tratamento	87
6.3.1	Resíduos de Limpeza de Fossas Séticas	87
6.3.2	Equiparados a Resíduos Sólidos Urbanos.....	89
6.3.3	Areia e Sólidos Inertes	89
6.3.4	Óleos e Gorduras.....	91
6.3.5	Outros Resíduos Não Biodegradáveis.....	93
6.3.6	Resíduos Verdes.....	94
6.4	Órgãos de Tratamento	94
6.4.1	Espessadores de Lamas	94
6.4.2	Digestor Anaeróbio	96
6.4.3	Desidratação.....	97
6.4.4	Compostagem.....	98
6.4.5	Lavador/classificador de areias	100
6.4.6	ETAR compacta	101
6.4.7	Tratamento de Odores – Desodorização	103
6.5	Pré-dimensionamento e implantação do sistema de tratamento	104
Capítulo 7.	Conclusões finais.....	115
7.1	Síntese e Conclusão.....	116
7.2	Desenvolvimentos Futuros	117
Referências bibliográficas	118

Índice de Figuras

Figura 2.1: Fotografia ilustrativa da forma da limpeza dos coletores.	20
Figura 2.2: Fotografias ilustrativas de inspeção vídeo de coletores.....	21
Figura 2.3: Fotografia ilustrativa de um coletor com infiltração de raízes.....	22
Figura 3.1: Exemplo da implantação de troço de um sistema de drenagem de águas pluviais.....	31
Figura 3.2: Desenho simplificado de Fossa Sética de dois compartimentos.....	32
Figura 3.3: Desenho simplificado de câmara ou caixa de retenção de gorduras.....	40
Figura 3.4: Fotografia de um espessador de lamas.....	45
Figura 3.5: Exemplo do aspeto das lamas após centrifugação - adaptado de catálogo de distribuidores Alfa Laval.	46
Figura 3.6: Exemplo do aspeto final das lamas após serem submetidas à prensa - Adaptado de catálogo de distribuidores Ecomachine	47
Figura 3.7: Fluxograma representativo das reacções químicas que se processam durante a digestão anaeróbia - adaptado de Batstone, 2002.....	51
Figura 3.8 – Esquema representativo de lavagem química com duas torres - adaptado de Metcalf & Eddy, 2003.....	61
Figura 4.1: Esquema que resume a legislação nacional vigente, mais relevante, no que se refere a gestão de resíduos.	69
Figura 5.1: Desenho representativo do camião hidrodesentupidor e respetiva operação de lavagem-aspiração da rede de drenagem, adaptado do catálogo da Limpa Canal.	73
Figura 5.2:Exemplo de hidro-injetores a efetuar a limpeza, adaptado de catálogo da Limpa Canal.....	74
Figura 5.3: Exemplo de alguns hidro-injetores utilizados pela Limpa Canal.	75
Figura 5.4: Robot de fresagem utilizado nas atividades da Limpa Canal.	75
Figura 5.5: Exemplo de robots usados na inspeção CCTV pela Limpa Canal.....	76
Figura 5.6: Fotografia representativa de um dano de um coletor e o seu aspeto posteriormente à respetiva reabilitação.	77
Figura 5.7: Imagem representativa do procedimento de reabilitação pontual realizada pela Limpa Canal.....	78
Figura 5.8: Introdução da manga de revestimento no coletor.	79
Figura 6.1: Fluxograma do sistema de tratamento de resíduos de redes de drenagens de águas residuais urbanas proposto para o caso em estudo.	85

Figura 6.2: Exemplo de uma descarga de areias em local desapropriado e em contentor inadequado.....	90
Figura 6.3 – Figura representativa da aspiração de gorduras de uma camara de retenção de gorduras.	92
Figura 6.4 – Exemplo de resíduos não biodegradáveis produzidos pela empresa em estudo – mangueiras em fim de vida.....	93
Figura 6.5: Esquema representativo do funcionamento de um espessador de lamas - adaptado de Metcalf & Eddy, 2003.	95
Figura 6.6: Esquema representativo de um digestor anaeróbio.....	96
Figura 6.7 – Esquema representativo do sistema adotado para o tratamento de odores - método por adsorção (adaptado de Paing <i>at al</i> , 2001).....	103
Figura 6.8 – Exemplo de contentor trapezoidal onde deverão ser acondicionadas as areias após tratamento para encaminhamento final.....	108
Figura 6.9:Planta do sistema de tratamento de resíduos proposto.....	111

Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Composição típica dos principais parâmetros caracterizadores de poluição deste tipo de água residual (mg/L) de um efluente de uma fossa séptica.	33
Tabela 3.2: Compostos orgânicos em suspensão numa amostra de águas residuais – adaptado de Benn e Mcauliffe (1981).....	41
Tabela 6.1: Tabela com os dados referentes ao dimensionamento do espessador.	106
Tabela 6.2: Dimensionamento do digestor.	107
Tabela 6.3: Quadro resumo de quantidades de resíduos, respetivas quantidades e órgãos associados.	109

Lista de siglas, abreviaturas e simbologia

ETAR	Estação de Tratamento de Água
EE	Estação Elevatória
RIB	Resíduos Industriais Banais
RSU	Resíduo Sólido Urbano
ARU	Águas Residuais Urbanas
LER	Lista Europeia de Resíduos (Portaria nº 209/2004, 3 de Março)
SS	Sólidos Suspenso

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Os primeiros sistemas de drenagem de águas residuais em meio urbano de que há registo datam de há mais de 5.000 anos. Praticamente durante 4.800 anos, os avanços globais que se verificaram nesse domínio não foram, salvo raras exceções, significativos.

Nos últimos 150 anos, assistiu-se, no entanto, a um enorme progresso no setor, motivado, em grande parte, pelos problemas e desafios criados pelo elevado crescimento populacional verificado, pelo desenvolvimento industrial, pela concentração das populações nas zonas litorais e pelo agravamento geral das condições ambientais, em especial da qualidade das águas dos meios recetores (Matos, 2003).

Neste sentido, as preocupações foram-se centralizando em torno da questão do tratamento de águas residuais, passando a drenagem, mormente a sua manutenção, para um plano secundário.

No entanto, as exigências ambientais têm vindo a evoluir, pelo que foi necessário repensar a abordagem, começando a surgir a ideia de abordar a temática das águas residuais como um todo, ou seja, considerar de forma integrada a drenagem, e o tratamento de águas residuais uma vez que ambos têm influência sobre a qualidade do meio recetor.

Em meados do século XIX, a engenharia dos sistemas de drenagem já considerava a importância da autolimpeza e do declive dos troços da rede, assegurando menores encargos e problemas com manutenção.

É neste sentido que em Londres na década de 1840 são estabelecidos os critérios de velocidade mínima de escoamento de 0,6 a 0,9 m/s (2 a 3 ft/s) (Metcalf e Eddy, 2003). Estes critérios foram estabelecidos com base em ensaios de sedimentação de areia e outros materiais, em água corrente. Os ensaios permitiram inferir que a velocidade de 0,6 m/s evita a deposição das partículas, e que a velocidade de 0,9 m/s é suficiente para garantir a nova suspensão e arrastamento para jusante de material, como areia e gravilha, previamente sedimentados.

Na contínua busca do aperfeiçoamento destes sistemas, desenvolveu-se o princípio da rede separativa entre águas pluviais e águas residuais domésticas. Inicialmente apenas difundido no Reino Unido, tornou-se, em meados do século XX, praticamente universal, no que respeita à conceção e implantação de novas redes de drenagem de aglomerados urbanos.

É também neste período, início século XX, que surge e se divulga a instalação de coletores de betão, pré-fabricados ou betonados *in situ*, com juntas fechadas de argamassa de cimento, oferecendo garantias de verificação de condições de autolimpeza e de estanquicidade (Matos, 2003).

Outra medida que veio reforçar o conceito sobre a preservação do meio hídrico recetor e alertar para as situações de impacte ambiental foi no ano 2000, a aprovação da Diretiva-Quadro da Água (2000/60/CE) que alarga o âmbito de aplicação de medidas de proteção a todos os tipos de águas (rios, lagos, águas costeiras e águas subterrâneas).

Desta forma, a qualidade do meio hídrico recetor ganhou importância e a atenção passou a centrar-se não só nas descargas de efluente tratado proveniente das ETAR, mas igualmente nas descargas diretas de efluente unitário (em terminologia anglo-saxónica “*Combined Sewer Overflow*”). Este tipo de descargas pode estar associada a elevadas cargas poluentes, particularmente no início de evento de precipitação intensos após períodos alargados de tempo seco.

No início de um evento de precipitação verifica-se um efeito de onda poluente ou primeiro fluxo (em terminologia anglo-saxónica “*first-flush*”), que produz um efluente bastante concentrado dado que, para além da carga do efluente bruto, a poluição das bacias (estradas, pavimentos e outras áreas impermeabilizadas) é arrastada e ainda é promovida a autolimpeza dos coletores, arrastando, por isso, grandes quantidades de sedimentos e matéria orgânica acumulada. Diversos autores demonstraram que a carga poluente nestes casos poderá ser, inclusivamente, superior à carga da água residual em tempo seco (Artina *et al.*, 1999 e Novonry e Chesters, 1981, citados por Ferreira, 2006).

A Diretiva-Quadro da Água estabeleceu alguns princípios para reduzir ou minimizar os efeitos das descargas, nomeadamente através de:

- construção de reservatórios de retenção para armazenar o volume de efluente correspondente ao “*firstflush*”;
- lavagem frequente das vias e pavimentos, para evitar a acumulação de poluição e reduzir a carga poluente durante as chuvadas;
- limpeza dos coletores e infraestruturas de drenagem com o objetivo de melhorar o desempenho dos sistemas, evitar a acumulação de sedimentos e consequente reduzir a sobrecarga poluente durante as chuvadas, bem como aumentar a capacidade de transporte.

Esta diretiva em conjunto com a Diretiva das Águas Balneares (Diretiva 2006/7/CE), introduzem a necessidade de melhorar a gestão das águas residuais em todas as fases (planeamento, Projeto, construção e operação) e em todas as componentes (drenagem, tratamento e meio recetor), sendo crucial direcionar mais investimento e recursos à gestão das águas residuais sob pena de não serem atingidas as metas propostas (Malgrat *et al.*, 2005).

Neste contexto surge a questão da operação e manutenção que se alarga aos sistemas de drenagem e conseqüente desempenho das infraestruturas, não ficando limitado às estações de tratamento.

Portugal, que tem já demonstrado grandes progressos nesta área, apresenta ainda algumas lacunas a nível de deposição final de resíduos provenientes da manutenção de redes de drenagem, temática que está ainda a dar os primeiros passos, não estando implementado um quadro legal que enquadre a problemática.

Atualmente, as empresas que prestam serviços na área da manutenção de redes de drenagem deparam-se uma nova realidade. As novas entidades gestoras dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas, largamente privatizadas na última década, têm criado obstáculos à receção dos resíduos produzidos nas operações de manutenção, incluindo o estabelecimento de valores significativos para o seu tratamento e deposição final.

Esta situação promove situações de concorrência desleal pois alicia a atitudes como a descarga indevida dos resíduos em locais não apropriados com os conseqüentes impactes ambientais, em contraponto a concorrentes que os depositam em gestores licenciados, suportando os respetivos custos.

Esta problemática poderá ter solução na implementação de pequenos sistemas de tratamento que respondam às necessidades individuais de cada um e desta forma se adaptarem à sua própria realidade, obtendo valores competitivos para deposição final, e, conseqüentemente, possibilitando a oferta de serviços mais competitivos.

Neste sentido, é importante a busca e desenvolvimento de soluções tecnológicas que atendam à legislação ambiental vigente e que, acima de tudo respondam às necessidades reais, mas que ao mesmo tempo sejam compatíveis com o seu transporte, localização, condições económicas e operacionais.

O estudo presente pretende dar resposta a esta questão desenvolvendo um estudo para a conceção de Sistema de Tratamento de Resíduos Urbanos otimizando ao máximo os recursos disponíveis de modo a obter uma razão custo/benefício satisfatória.

1.1. Âmbito e objetivos da tese

Com este estudo, no âmbito do Projeto do curso de Mestrado em Tecnologias Ambientais da ESTGV, pretendeu-se alcançar os seguintes objetivos:

- Efetuar uma recolha bibliográfica relativa aos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos e realidade nacional e internacional das empresas do setor e respetivo processamento, tratamento e destino final dos resíduos.
- Caracterizar os resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.
- Caracterizar as metodologias de processamento-tratamento suscetíveis de serem aplicados aos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.
- Efetuar o enquadramento legal pertinente para a gestão dos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.
- Caracterização da realidade da empresa Limpa Canal relativamente aos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.
- Estudar a viabilidade técnica de um sistema de tratamento dos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.
- Para uma melhor consolidação do ponto anterior, considerando a realidade e interesse da empresa Limpa Canal, presentes e perspetivados para o futuro, efetuar a conceção (incluindo um pré-dimensionamento) de um sistema de tratamento dos resíduos decorrentes das operações de manutenção, limpeza e reabilitação dos sistemas de drenagem urbanos.

1.2. Estrutura da tese

A tese está dividida em sete capítulos:

Este capítulo inicial faz a introdução ao trabalho, através de uma breve apresentação ao tema principal abordado ao longo de todo o trabalho. Apresenta ainda as razões justificativas para esta opção e ainda o que se pretende com este estudo.

- **Capítulo 2. Estado da Arte:**

Neste capítulo será descrito o estado da arte relacionado com o tema focal de toda a tese, abordando a evolução e o estado actual sobre o tema.

- **Capítulo 3. Caracterização dos Resíduos Produzidos em Sistemas de Drenagem Urbanos:**

Apresenta-se aos resíduos produzidos em sistemas de drenagem urbanos e algumas metodologias de tratamento possíveis.

- **Capítulo 4. Enquadramento Legal:**

Aborda a legislação vigente, mais relevante, a nível comunitária e nacional no que se refere à gestão de resíduos.

- **Capítulo 5. A Empresa Limpa Canal:**

Neste capítulo apresenta-se a Limpa Canal, e as principais atividades desenvolvidas pela empresa à qual se aplica o sistema proposto.

- **Capítulo 6. Conceção do Sistema de Tratamento de Resíduos:**

Inicia com algumas considerações sobre a viabilidade do sistema de tratamento proposto. De seguida caracteriza os resíduos produzidos na atividade assim como os métodos de tratamento propostos e por último apresenta o pré-dimensionamento e implantação do sistema de tratamento .

- **Capítulo 7. Conclusões finais:**

Neste capítulo expõem-se algumas conclusões obtidas e fazem-se algumas sugestões que poderiam ser seguidas para dar continuidade a este trabalho.

CAPÍTULO 2. ESTADO DA ARTE

2.1 A Problemática dos Resíduos de Redes de Drenagem

As atividades de manutenção de redes de drenagem compreendem a produção de vários resíduos e em diferentes quantidades. Desde logo, variam conforme a sua proximidade com a zona costeira, nível freático da zona onde se integra, hábitos da região onde se inserem, entre outros.

Para melhor compreender esta questão é importante fazer uma pequena abordagem à no que diz respeito à operação e manutenção de sistemas de drenagem.

As operações de manutenção prendem-se essencialmente na limpeza dos coletores com água a alta pressão seguida de inspeção vídeo quando a situação assim o exige e ainda a reabilitação dos danos verificados.

A limpeza consiste essencialmente na introdução de um hidrojator, num determinado trecho, desde câmara de jusante e percorre todo o trecho no sentido inverso ao do escoamento, libertando água a alta pressão (*vide* figura 2.1), desobstruindo o tubo na sua passagem. Quando atingida a extremidade do trecho (a caixa de visita de montante), o hidrojator é retirado percorrendo novamente o mesmo percurso, mas agora em sentido contrário arrastando desta forma os resíduos agregados às paredes através da injeção da água a alta pressão.

Esta limpeza processando-se de montante para jusante pois em situação de contracorrente permite melhores resultados em termos de desentupimento e arrastamento de resíduos.

Os sedimentos entretanto desagregados nesta operação são conduzidos até à câmara de jusante, sendo aspirados para o reservatório do veículo através de sucção. Esta operação é repetida até que o troço permita o escoamento normal da água.



Figura 2.1: Fotografia ilustrativa da forma da limpeza dos coletores.

A limpeza de outros órgãos afins, como caixas de visita Estações Elevatória (EE), órgãos de Estações de Tratamento de água (ETAR), fossas entre outros, é feita inicialmente a sucção do resíduo e posteriormente são lavadas as paredes do respetivo órgão com jato de água a alta pressão, que implica nova aspiração da água resultante.

Após a limpeza é feita uma verificação visual do estado da limpeza do coletor através das caixas de visita intermédias do troço intervencionado e quando necessário, procede-se à inspeção vídeo de coletores através do registo de imagens catadas por um robot.

Através de inspeções às infraestruturas, é possível fazer um diagnóstico ao estado de conservação das mesmas (*vide* figura 2.2) e planear intervenções de reabilitação antes de ocorrerem problemas (por exemplo, colapsos, entradas em carga, descargas), cujas consequências e encargos serão claramente superiores aos relativos a uma abordagem preventiva.



Figura 2.2: Fotografias ilustrativas de inspeção vídeo de coletores.

Os resíduos resultantes da limpeza dos coletores serão transportados pelo motorista afeto à equipa de limpeza, para o destino final adequado.

Estes resíduos são na sua maioria depósito de materiais sólidos, como areais e sedimentos, pedaços de parede do coletor (manilhas partidas), restos de jardinagem, folhas e raízes de árvores adjacentes que penetram nos coletores em busca de água (*vide* exemplo na figura 2.3). Encontram-se ainda, como é natural, muita matéria orgânica, (restos de comida, animais mortos, excrementos), gorduras e material inorgânico como embalagens, sacos de plásticos, papeis, fraldas, roupa, entre outros.



Figura 2.3: Fotografia ilustrativa de um coletor com infiltração de raízes.

No seguimento do processo, os resíduos recolhidos são encaminhados para um destino final adequado, tendo sempre presente que se trata de uma mistura de resíduos com matéria orgânica pelo que não poderá ser tratado como um resíduo inerte.

A grande questão que se coloca, e sabendo que a grande maioria destes resíduos são sedimentos/areias, é se não seria mais vantajoso para o ambiente e para as entidades que prestam serviços nesta área separar estes resíduos sempre que possível e dentro do exequível para poder dar um fim mais adequado a cada grupo de resíduos.

Além disso, estes resíduos necessitam de ser classificados segundo a Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março, atribuindo-lhes um código que conste da Lista Europeia de Resíduos (LER). A atribuição do código é por vezes um pouco ambígua propicia a gerar incompatibilidades entre o prestador de serviço e a entidade recetora pois esta, só tem licença para receber determinados resíduos associados a alguns códigos LER, mas que na realidade, e devido à variedade dos resíduos poderão lhe ser atribuídos outro código, no sentido de satisfazer este requisito o que por vezes faz com que o mesmo resíduo tenha um código diferente, conforme o local de destino final.

Os resíduos obtidos na reabilitação de redes de drenagem por não serem representativos nem levantarem grandes questões a nível de destino final não serão objeto de estudo do presente trabalho.

2.2 Realidade Nacional e Internacional

A preservação do ambiente tem sido, ao longo dos anos, uma preocupação real a nível mundial e Portugal não é exceção, pois é evidente o seu esforço de melhoria da saúde pública, o aumento de sensibilização junto da população e a melhoria das condições de vida das populações, que se tem concretizado no reforço sistemático de infraestruturas de saneamento básico.

Dados do Instituto Regulador de Água e Resíduos (IRAR) estimam que, em 2013, existam em Portugal cerca de 50 mil Km de tubagens aplicadas em redes de distribuição de água e drenagem de águas residuais. Este cenário futuro aumenta a relevância das atividades de manutenção, reabilitação, vigilância, inspeção e fiscalização dessas estruturas, de modo a facilitar a sua operação, prever possíveis danos estruturais e promover a sua reabilitação.

“Em Portugal, o cumprimento de rede de distribuição de água e esgotos teve um aumento enorme durante o último quartel do século XX. As entidades gestoras concentraram quase toda a sua capacidade de financiamento na construção de novas infraestruturas, frequentemente fazendo prevalecer a quantidade sobre a qualidade, e restringindo as ações de manutenção à reparação de avarias aparentes”, refere o Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos (RASARP) 2006, publicado pelo IRAR, último disponível. Daqui decorre a degradação precoce de muitas destas infraestruturas, pelo que em termos técnicos se revelam importantes as ações de manutenção, bem como a gestão das pressões e medidas de minimização das probabilidades de contaminações exteriores, com vista a assegurar a qualidade do serviço aos consumidores.

A manutenção de redes de drenagem em outros países (desenvolvidos), é já um hábito comum e enraizado há vários anos que se reflete na questão dos recursos atualmente direcionados à operação e manutenção dos sistemas de drenagem de águas residuais por parte das entidades gestoras. Em alguns países, a operação e manutenção consome cerca de 70% dos recursos anualmente atribuídos à gestão da drenagem (Beenen *et al.*, 2005).

Em Portugal, esta percentagem será mais reduzida atendendo que boa parte do investimento, está atualmente, direcionado para a construção de infraestruturas. De qualquer forma, no futuro próximo será necessário canalizar mais recursos para a operação e manutenção e, nessa altura, será importante que o dispêndio dos mesmos seja bastante otimizado.

No geral, verifica-se que as alterações a introduzir nesta área a nível nacional se destinem sobretudo ao seu aperfeiçoamento, nomeadamente no que respeita ao rendimento e eficiência das técnicas e equipamentos utilizados e consequentemente apostar numa manutenção preventiva em detrimento de uma manutenção corretiva.

No entanto deverá se ter sempre presente que a manutenção de redes de drenagem aumenta a confiança do seu bom funcionamento, operando nas condições mais próximas das condições para que foi desenvolvido, contudo, não as isenta de situações pontuais de obstrução que poderão impedir o normal escoamento do caudal e até provocar inundações.

Adotando como exemplo a situação no Reino Unido, onde existe a classificação de “coletor crítico”, que engloba os trechos de importância estratégica para o bom funcionamento da rede de drenagem, foi elaborado um plano de manutenção com o intuito de reduzir as situações de entupimentos.

No Reino Unido aproximadamente 23% dos coletores estão classificados como críticos, o que representa cerca de 73 000 km de coletores. De acordo com os padrões britânicos, cerca de 10 % dos coletores críticos encontravam-se em mau estado de conservação tendo sido classificados com as piores categorias na escala de avaliação do estado de conservação de coletores (Ellis, 2001).

Estatísticas internacionais revelam que 20% da rede de saneamento é responsável por 80% das falhas estruturais que provocam perturbações no funcionamento normal das redes de drenagem (Swartenbroekx *et al.*, 2001).

A nível nacional é da responsabilidade da entidade gestora de cada município a definição e execução de um programa de manutenção e operação dos sistemas de águas residuais, com indicação de tarefas, e respetiva periodicidade, e metodologias a aplicar.

Os casos de estudo em Portugal sobre redes estabilizadas em termos de idade apontam para taxas de roturas entre 500 e 1000 por cento superiores à média europeia ou norte-americana, mesmo no caso de redes mais jovens, indica o IRAR, os valores são da mesma ordem de grandeza ou até superiores.

Fica também a cargo das entidades gestoras a conservação e reparação dos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas, assim como a formação adequada dos técnicos e operadores dos sistemas.

No que diz respeito aos resíduos gerados aquando da manutenção de redes de drenagem é que passa a ser da responsabilidade da entidade que presta o serviço.

Esta questão tem vindo a levantar algumas dificuldades às empresas que prestam serviços nesta área porque se até há bem pouco tempo o produtor do resíduo era também o recetor, atualmente já poucos são os municípios onde isso acontece devido à crescente privatização das empresas de águas e saneamento.

Além disso, a crescente eficácia da fiscalização no controlo das transferências e transporte de resíduos a nível nacional e a necessidade de proteger e melhorar a qualidade do ambiente e saúde pública exigem que se cumpram os requisitos legais em vigor.

O transporte de resíduos, segundo a Portaria n.º 335/97 de 16 de Maio, pode ser efetuado pelo produtor de resíduos, pelo eliminador ou valorizador de resíduos devidamente licenciado, pode ainda ser por entidades responsáveis pela gestão de resíduos perigosos hospitalares autorizadas, por entidades responsáveis pela gestão de resíduos urbanos e por empresas licenciadas para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem.

Entre outros requisitos é necessário a correta utilização e preenchimento do modelo A da guia de acompanhamento de resíduos onde conste o código LER atribuído ao resíduo transportado.

Como já foi referido anteriormente a atribuição deste código, sugere alguma subjetividade e favorece interesses, sobretudo quando o transporte é realizado por empresas licenciadas para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem mas que não possuam licença de armazenamento, além disso, como será abordado no capítulo mais à frente implica por parte de algumas entidades gestoras a análise do resíduo e respetiva percentagem de não inertes (além de se encontrarem no limite da sua capacidade).

As empresas prestadoras deste tipo de serviço, se cumprirem o exigido no Decreto-Lei n.º 366/90 de 24 de Novembro e as respetivas alterações pelo Decreto-Lei n.º 146/98 de 23 de Maio, essencialmente no que se refere à licença de transporte, podem fazer o transporte de resíduos mas levanta outro tipo de questões nomeadamente, o incremento de transportes efetuados por cliente e por resíduo ao local de deposição final, acrescido do valor final de deposição que é agravado pelo peso final pois trata-se na maioria dos casos de resíduos muito hidratados.

Em suma, os resíduos obtidos na manutenção de redes de drenagem e outros órgãos afins, são diretamente transferidos para o interior da viatura e quando a capacidade desta se esgota ou quando se altera de cliente ou de tipo de resíduo, são transportados para destino final adequado.

Neste sentido, as entidades prestadoras deste tipo de serviço são forçados a aumentar os valores de prestação de serviço junto do produtor, tornando os serviços menos competitivos comparado com concorrentes que se situem junto a centros de tratamento ou de receção de resíduos ou mesmo daqueles que possuem licença de armazenamento temporário e ainda, diminui a disponibilidade de veículos para a realização de outros serviços e consequentemente provoca diminuição da rentabilidade de trabalho.

Pelo que, a solução para empresas prestadoras deste tipo de serviço, seria adotar os métodos que se usam a nível internacional e que começam a introduzir-se lentamente em Portugal, que passará por obter licenciamento de instalações de armazenamento temporário ou instalações de eliminação/valorização de resíduos, associado a cada resíduo com que pretende trabalhar ou que lhe pareça viável ter licença para os receber/armazenar, dado que terá que investir em sistemas de armazenamento e tratamento deste tipo de resíduos.

Este tipo de sistema poderá ser do tipo pré-tratamento no sentido de reduzir o peso (secagem) e eliminação de resíduos não inertes (matéria orgânica), pois já reduzia em parte a questão da hidratação dos resíduos e reduzia o número de transportes.

Desta forma, seria possível rentabilizar os serviços prestados, acumulando os resíduos por categorias sendo transportados em contentores com capacidades maiores reduzindo as viagens, libertando os veículos para outros serviços oferecendo preços muito mais competitivos.

A nível dos sistemas de tratamento, quer a nível nacional quer a nível internacional existe ainda alguma ambiguidade e camuflagem no que diz respeito aos sistemas adotados, pelo que não foi possível no presente trabalho essa abordagem.

É de conhecimento geral que existem algumas empresas que possuem sistemas de tratamento e/ou armazenamento com respetivas licenças, mas no entanto, não permitem o seu acesso.

Algumas entidades recetoras de resíduos elaboram os seus sistemas de forma a que a zona de descarga de resíduos seja numa zona distinta da de tratamento com o intuito de não ser acessível. Esta postura deve-se ao facto de recearem que os sistemas adotados sejam reproduzidos pela concorrência e asseguram assim a fidelização dos seus clientes.

Apesar disso, existem diferentes sistemas de tratamento a adotar, consoante o âmbito dos resíduos a tratar, a quantidade, a origem e ainda, segundo os tipos de resíduos que se pretende obter licença de armazenamento/tratamento, que depende muito também do investimento pretendido, pelo que, com este estudo ambiciona-se projetar a melhor solução tendo em conta todos esses parâmetros.

Relativamente a empresas deste setor, refira-se que atualmente, no mercado surgem diversos micro operadores (empresários em nome individual ou independentes) que pelo fato de operarem com estruturas de custos muito reduzidas (geralmente empresas com 1 a 2 camiões de limpeza) conseguem angariar mercado, nomeadamente no setor público.

A nível regional a concorrência é relativamente reduzida, contudo, o atendimento de receção e tratamento deste tipo de resíduos resultante da limpeza e desobstrução de coletores/fossas é inexistente.

Neste sentido as empresas do setor, tem-se deparado com várias dificuldades no que se refere ao destino final dos resíduos resultantes da sua atividade atendendo à reduzida oferta.

Esta situação, que tem vindo a agravar-se ao longo do tempo, deve-se essencialmente ao subdimensionamento das ETAR's urbanas implantadas (sem grande capacidade de recepção dos resíduos de limpeza de fossas sépticas) e ao fato dos locais de deposição de resíduos – escassos - apresentarem tarifas elevadas.

Assim, a problemática destes resíduos merece uma crescente preocupação por parte dos interessados, não só no que diz respeito ao seu tratamento e destino final mas também, no que se refere ao cumprimento da legislação em vigor.

Em face do exposto, o estudo viabilidade de promoção de um sistema de receção e tratamento de resíduos inerente ao setor estudado, afigura-se como sendo uma alternativa credível, porventura necessária a médio prazo para a competitividade dos operadores do mercado.

CAPÍTULO 3. CARATERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANOS

3.1 Tipos de sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem de aglomerados urbanos, implantados sobretudo no subsolo de arruamentos, são constituídos por coletores e outras tubagens e acessórios, instalações, dispositivos e equipamentos destinados à coleta, transporte, condicionamento e disposição final conveniente das águas residuais e/ou pluviais.

A esta rede de drenagem estão ligados os ramais domiciliários através de interceptores.

Nos troços próximos das descargas, são constituídos por emissários com condutas de diâmetro significativo (a que se ligam coletores colaterais) efetuando o transporte diretamente para o meio hídrico superficial recetor no exterior da zona urbana (situação desaconselhável) ou para um Estação de Tratamento de Águas Residuais (situação desejável).

De acordo com o Decreto-Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais), existem vários tipos de sistemas públicos de drenagem de águas residuais, nomeadamente separativos, unitários, mistos e pseudo-separativos ou separativos parciais.

Designam-se por sistemas separativos, aqueles constituídos por duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e/ou industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou equiparadas

Nos sistemas de drenagem que transportam as águas pluviais (*vide* Figura 3.1) são de grande diâmetro e de estrutura mais simplificada, pois não estão sujeitas a águas agressivas. Estes sistemas são igualmente menos extensos, já que as águas pluviais podem ser lançadas diretamente nas linhas de água mais próximas. As instalações (p.e. estações elevatórias ou sistemas de tratamento) e os dispositivos (p.e. as sarjetas, usualmente sem sifão) são de custo mais reduzido por terem menor capacidade e serem de construção mais simplificada. A implantação destes sistemas de drenagem pode ser realizada faseadamente.

Este tipo de rede de drenagem é muito propício à acumulação de areias e de resíduos vários já que a ele afluem as escorrências superficiais dos aglomerados. Refira-se contudo que estes resíduos são maioritariamente inertes pelo que a carga orgânica será pouco significativa, com exceção do *firstflush*. Este fenómeno, também designado de primeiro fluxo, decorre da primeira “lavagem” das estradas e restantes superfícies dos aglomerados, depois de um período seco antecedente significativo.



Figura 3.1: Exemplo da implantação de trecho de um sistema de drenagem de águas pluviais.

Já nos sistemas de drenagem unitários de águas residuais (o que inclui águas residuais domésticas industriais e pluviais), o efluente deve ser sempre submetido a um tratamento previamente à sua descarga no meio hídrico. Os resíduos resultantes da sua operação-manutenção apresentam assim uma carga orgânica significativa não se encontrando estabilizados.

Nestes sistemas de drenagem unitários as águas residuais e as águas pluviais são recolhidos e conduzidas pelo mesmo coletor, pelo que as tubagens devem ser de diâmetro significativo. As instalações de bombagem apresentam dificuldades significativas de operação-manutenção, em função das grandes variações de caudal. As sarjetas devem ter sifões acoplados.

Além destas agravantes, este tipo de sistemas exige uma grande resistência à elevada agressividade das águas residuais domésticas e industriais, sendo usualmente redes mais extensas já que não devem ser descarregados em ETAR's ou no meio hídrico próximo dos centros urbanos. Este tipo de sistema de drenagem requer ETAR's de maiores dimensões e com mais exigências de controlo e operação-manutenção já que necessitam atender a caudais mais significativos com uma significativa variabilidade.

Sistemas de drenagem mistos resultam da conjugação dos dois tipos anteriores, onde parte da malha de coletores é unitária e outra é separativa.

Nos sistemas separativos parciais ou pseudo-separativos verifica-se, em parte, a ligação de águas pluviais aos coletores de águas residuais domésticas. São usualmente admitidas águas pluviais drenadas por telhados, caleiras de edifícios por serem mais difíceis de separar, resultando desta forma um ramal domiciliário unitário.

3.2 Resíduos da Limpeza de Fossas Séticas

O nível de atendimento de saneamento básico, nomeadamente no que se refere à drenagem de águas residuais domésticas, não abrange todo o território. Assim, em diversas áreas de densidade populacional reduzida a drenagem/tratamento de águas residuais é efetuada por meio de dispositivos especiais autónomos, usualmente do tipo das fossas séticas.

As fossas séticas, para operarem corretamente, deveriam ser submetidas a manutenção, no mínimo anualmente, a fim de se evitarem obstruções e entupimentos que provocam ocorrência de situações desagradáveis de maus odores e inundações. Por outro lado, esta limpeza é essencial em termos ambientais, permitindo a recolha dos resíduos estabilizados ou parcialmente estabilizados que diminuem o volume útil da fossa e assim a performance do tratamento.

Quando esta manutenção não é efetuada com periodicidade adequada, os resíduos de detergente e gordura podem solidificar, não só na fossa como também nas paredes interiores dos coletores de ligação à fossa, de uma forma tal que podem impedir o normal escoamento do caudal que chega à fossa e além disso, perturba o normal funcionamento da fossa ocupando parte do seu volume útil.

Na sua grande maioria as fossas são constituídas por dois, as mais frequentes, ou mais compartimentos as fossas de decantação (*vide* figura 3.2), havendo igualmente fossas séticas de um só compartimento (fossas simples).

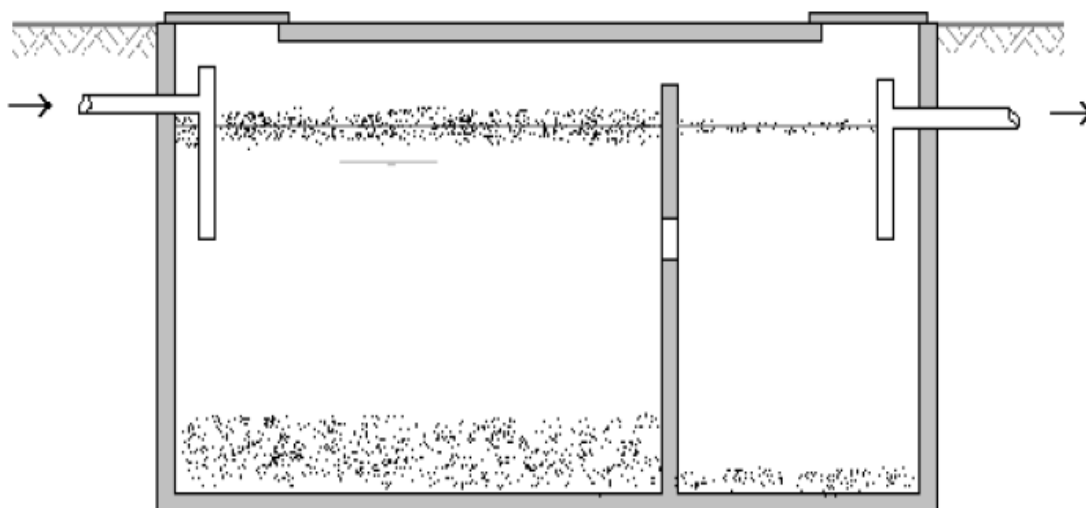


Figura 3.2: Desenho simplificado de Fossa Sética de dois compartimentos.

Nas fossas de decantação realiza-se o tratamento, no mínimo, em duas fases/compartimentos. O primeiro recebe a água residual que permanece aí durante um determinado período de tempo (dependendo do volume da fossa), enquanto se processa a sedimentação dos sólidos em suspensão e a retenção de gorduras. A lama sedimentada no fundo vai sofrer digestão anaeróbia e o sobrenadante líquido é encaminhado para o compartimento seguinte, usualmente de menores dimensões, onde se verifica uma redução de poluição complementar (ainda por decantação e digestão anaeróbia).

Nas situações de fossa simples processa-se tudo no mesmo compartimento, mas, como é presumível, os rendimentos são inferiores como se poderá verificar na Tabela seguinte.

Tabela 3.1: Composição típica dos principais parâmetros caracterizadores de poluição deste tipo de água residual (mg/L) de um efluente de uma fossa séptica.

Parâmetro	Fossa simples	Fossa de decantação (2 estágios)
SST	60 – 260	70
CQO	200 – 1600	300
pH	7,5 – 8,9	7,1
Ácidos Gordos Voláteis		80
Detergentes		6
Azoto (N)	110 – 650	400

Em algumas situações, a montante da fossa séptica, está implantada uma câmara ou caixa de retenção de gorduras nas canalizações que conduzem os despejos de cozinhas. Esta é uma exigência para os estabelecimentos comerciais de restauração. A implantação deste órgão simplificado facilita a operação de manutenção e simplifica o funcionamento da fossa.

A água residual tem um tempo de retenção hidráulico na fossa que usualmente pode variar de 24 a 12 horas (em condições relativamente estagnadas, quiescentes, favoráveis à sedimentação), dependendo do caudal afluente e do volume da fossa. Durante este período a água residual sofre decantação de 60 a 70 % dos sólidos suspensos contidos na água residual, que sedimentam no fundo, originando uma substância pastosa, as lamas. Estas lamas, se a fossa estiver em boas condições de operação, nesta fase ficam sujeitas a digestão anaeróbia (Mara, 1996) da qual resultam, gases, efluente.

Com a sua permanência na fossa, verifica-se uma redução do volume dos sólidos retidos e digeridos, apresentando estas características relativamente estabilizadas e uma hidratação significativa. Dependendo do grau de estabilização apresentam cor mais ou menos escura. O odor permite igualmente uma avaliação qualitativa do grau de estabilização.

As lamas de fossas sépticas frescas apresentam uma elevada carência de oxigénio (associada a matéria orgânica biodegradável) o que potencializa a digestão anaeróbia. Para esta também contribui a formação de uma camada de espuma, constituída por matéria orgânica leve insolúvel (p.e. gorduras, detritos vegetais e alguns sólidos mais densos emulsionados com ar) que emerge à superfície pela ação dos gases libertados no processo, o que contribui para evitar a circulação do oxigénio pelo ar, facilitando a ação das bactérias anaeróbias.

Dependendo da temperatura e do tempo que as lamas ficam retidas no tanque estas podem sofrer uma redução de volume entre 50% e 80%. Os compostos solúveis e gases (dióxido de carbono, azoto e sulfureto de hidrogénio) formados na sequência da digestão das lamas pelas bactérias anaeróbias arrastam microrganismos responsáveis pela decomposição dos sólidos coloidais e organismos solúveis, podendo também provocar a re-suspensão de partículas previamente sedimentadas. Os gases libertados nos metabolismos anaeróbios podem ser tóxicos (como o sulfureto de hidrogénio) e inflamáveis (como o metano).

A digestão anaeróbia das lamas na fossa séptica é efetuada sequencialmente em três fases distintas. A primeira fase da decomposição das lamas dura aproximadamente duas semanas e é quando se dá a transformação das substâncias mais facilmente degradáveis como os açúcares e compostos azotados solúveis, que conduzirá à formação de ácidos gordos e de gases.

Na segunda fase, que dura cerca de três meses, dá-se a decomposição dos ácidos gordos e compostos azotados formados anteriormente, originando substâncias cujo odor é desagradável. É nesta altura que as espumas superficiais se formam pois estas lamas são espumosas devido à presença de gases que tendem a assomar à superfície.

Na terceira e última etapa, denominada de fermentação alcalina, os produtos mais resistentes são finalmente degradados, como por exemplo as proteínas. Estes processos dão origem a uma elevada formação de gases e também reduzem bastante o tamanho das lamas, ao mesmo tempo que as estabilizam.

Estas lamas são aspiradas por veículos apropriados para o efeito e transportadas por empresas prestadoras deste tipo de serviço, a local licenciado para as receber. Em algumas situações estas lamas são despejadas em pontos estratégicos dos emissários de redes de drenagem, para desta forma se misturarem com o restante afluente e serem submetidas ao mesmo processo de tratamento das águas residuais urbanas, sem alterar operação normal da ETAR. Esta operação deve-se realizar fora dos horários de ponta das ETAR's a fim de as sobrecarregar, mas em pontos onde o caudal e respetiva velocidade de escoamento/arrastamento são significativos para minimizar a possibilidade de colmatações e acumulações na rede.

Por vezes estas lamas são despejadas diretamente nos leitos de secagem ou submetidas a outros processos de desidratação, isto é, sofrem o mesmo processo de tratamento que as lamas resultantes do tratamento de águas residuais urbanas. Atendendo aos rendimentos reduzidos de uma fossa séptica esta metodologia não é ambientalmente conveniente já que o seu efluente se apresenta ainda pouco estabilizado.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) este resíduo é classificado como: **20 03 04 Lamas de fossas sépticas**, são lamas muito hidratadas e normalmente com altos teores em matéria orgânica e nutrientes mas na maioria dos casos com valores de *pH* muito baixos (inferior a 5,5) e em situação de anaerobiose.

3.3 Resíduos da Limpeza de Redes de Drenagens

As redes de drenagem de águas urbanas têm por objetivo garantir o perfeito escoamento das águas. Contudo, nas redes com afluências de águas pluviais, esta função pode ser dificultada pelos resíduos sólidos (que se podem acumular na via pública, sobretudo se não se verificar a devida limpeza destes) arrastado pelas chuvas e vento que invadem os coletores através das sarjetas. Estes consistem basicamente em restos de produtos e embalagens como, latas, plásticos, papéis, garrafas, cigarros, folhas de árvores, entulho, etc.

Ao atingirem o sistema de drenagem, estes resíduos sólidos são transportados pelos coletores e galerias até ao meio hídrico superficial recetor. Porém, em muitas situações não se verifica o seu arrastamento, colmatando órgãos de escoamento. Estas obstruções comprometem o normal escoamento do caudal, gerando a acumulação de mais resíduos.

Por mais eficiente que seja o sistema de limpeza de ruas, não é possível impedir a acumulação de sedimentos e a intrusão de alguns resíduos no sistema, que não sendo removidos poderão dar origem a cheias em períodos de pluviosidade elevada.

Para prevenir estas situações é importante ter em conta que o comportamento do escoamento superficial da bacia onde está implantado, dependendo significativamente do processo de urbanização. A este nível, para além da topografia, o grau de impermeabilização é muito relevante.

Por exemplo, a reduzida área de espaços verdes (muito permeável) origina um aumento dos picos e volumes e, conseqüentemente, aumento da erosão do solo. Em áreas de desenvolvimento urbano menos planeado, estes resultados podem ser agravados com o assoreamento em coletores e galerias, diminuindo desta forma as suas capacidades de escoamento do caudal.

Estas circunstâncias agravam-se ainda mais com as infiltrações de sedimentos, raízes e intrusão de água (quando o seu nível freático é superior) pelas juntas, fissuras e roturas existentes nas paredes do tubo e que reduzem a sua seção útil.

Neste sentido, a manutenção, limpeza e diagnóstico dos componentes do sistema de drenagem urbana são muito relevantes para que a acumulação de resíduos sólidos não comprometa o normal funcionamento dos coletores e demais órgãos. Evitando-se assim inundações que afetam a população do aglomerado, podendo causar problemas de saúde e perdas materiais, por vezes muito significativas.

Não foram encontradas referências bibliográficas na literatura técnica e científica pesquisada relativamente a uma caracterização, sistematização ou classificação dos resíduos produzidos nas operações de limpeza, manutenção e reabilitação dos sistemas de drenagem. Estes resíduos são equiparáveis contudo a outros resíduos muito referenciados. Poderemos agrupar estes resíduos nos seguintes grupos:

- Resíduos equiparados a Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), incluindo recicláveis e não recicláveis;
- Resíduos comuns em ETAR's urbanas, como óleos e gorduras e areias;
- Resíduos Verdes equiparáveis aos resíduos decorrentes de atividades de jardinagem e agrícolas;
- Resíduos equiparáveis a resíduos da construção civil;

- Outros resíduos como por exemplo cadáveres de animais.

Estes resíduos devem ser geridos adequadamente reduzindo o seu impacte ambiental e eventualmente amortizando custos de gestão, envolvendo algumas das seguintes ações:

1. Recolha do local de produção;
2. Transporte adequado;
3. Eventual armazenamento;
4. Eventual tratamento/estabilização;
5. Eventual valorização, incluindo reciclagem, reutilização em construção civil (p.e. britagem e aterro de obras) ou compostagem;
6. Destino final (p.e. em aterro sanitário ou incineração).

3.3.1 Equiparados a Resíduos Sólidos Urbanos

Estes resíduos equiparados a RSU, como já foi mencionado, são resultado do arrastamento dos resíduos da via pública e dos que são intencionalmente despejados nas sarjetas (embalagens, sacos de plástico, latas, animais mortos, entre outros). Nesta área a informação e sensibilização ambiental da população em geral é fundamental para minimizar este problema.

No que diz respeito ao tratamento/deposição destes resíduos, não existem muitas opções, já que se trata de uma mistura heterogénea de material orgânico e inorgânico.

Preferencialmente deve ser dada prioridade à reciclagem após triagem. Contudo, muitos dos resíduos recicláveis apresentam uma elevada contaminação matéria orgânica, assim juntamente com os resíduos orgânicos, o destino mais comum dos resíduos equiparados a RSU deverá ser a sua deposição em aterro sanitário ou incineração. De facto, estes resíduos poderão ter um processamento dos RSU, podendo entrar no seu sistema de coleta.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) estes resíduos são classificados como: **20 03 01 Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos** – estes resíduos são essencialmente embalagens, plásticos, latas, papéis, madeira, restos de comida, animais mortos, entre outros. Estes são resíduos que são arrastados ou colocados voluntariamente, dentro dos coletores e que são recolhidos aquando da limpeza dos coletores.

3.3.2 Areias e Sólidos Inertes

As areias, gravilhas, pedras de pequena dimensão e sólidos inertes em geral gerados na manutenção e limpeza de redes têm origem, em grande parte, no arrastamento provocado pela chuva e pelo vento dos sedimentos que se encontram na via pública, fato pelo qual existem em maior concentração na rede de águas pluviais. A sua presença, em menor concentração, também se verifica em redes de águas residuais. Aí, para além das águas residuais domésticas, mormente da lavagem de pisos, resultam das infiltrações nas juntas, fissuras ou roturas dos coletores. Em parte, a afluência de areias pode igualmente resultar de obras nas redes de drenagem. A este nível deve ser dada uma atenção especial a estas intervenções de modo a evitar a afluência de quantidades significativas de areias.

Estes resíduos, apesar da sua constituição base inerte, surgem muito hidratados e contendo elevada concentração de matéria orgânica adsorvida à sua superfície. A percentagem de matéria orgânica difere com os tipos de sistemas públicos de drenagem de águas residuais existente em cada aglomerado urbano. Em sistemas unitários a carga de matéria orgânica presente nas areias será naturalmente muito mais elevada.

Neste sentido, trata-se de um resíduo pouco estável que deverá ser lavado para a extração da matéria orgânica e que poderá ter como destino final a deposição em aterro de obras. Para isso deverá sofrer desidratação de modo a reduzir o seu peso e volume e consequentemente os custos associados ao seu transporte e deposição final.

Saliente-se que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, as areias provenientes de ETAR ou das redes de drenagem, não sendo consideradas um resíduo perigoso, terão de ser, em determinadas situações, encaminhadas para aterros de resíduos perigosos, de acordo com as suas características determinadas por análises físico-químicas à sua constituição.

Subsistem de facto algumas dúvidas relativamente à classificação das areias enquanto resíduo. O Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, define «resíduos urbanos» como “os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do setor de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 L por produtor”. Com base nesta definição um pouco ambígua, e à falta de uma definição que se ajuste melhor, as areias são geralmente consideradas como resíduo urbano.

A importância de definir o tipo de resíduo a que as areias pertencem prende-se principalmente com a sua gestão. O facto de não ser claro a que tipo de resíduo pertencem as areias, leva a que cada entidade interprete a questão e respetiva gestão de forma diferenciada.

A pesquisa bibliográfica sobre o destino final das areias revelou que em muitos livros essa parte é omissa, referindo a necessidade da deposição e do transporte das areias depois de removidas, mas sem referir o destino final efetivo. A bibliografia que faz referência ao destino final das areias aponta a deposição em aterro sanitário como solução para a eliminação deste subproduto.

Nas ETAR de grandes dimensões, existentes em alguns países, há referências à incineração das areias juntamente com sólidos e, em algumas ETAR, chega-se a fazer a estabilização com cal antes de deposição em aterro (Metcalf & Eddy, 2003). Embora o destino final destas areias, na sua grande maioria, seja a sua deposição em aterro sanitário, é muito divergente o custo associado ao seu transporte e aceitação em aterro.

Outro problema que se coloca com a indefinição do tipo de resíduo a que pertencem as areias é em que classe de aterro – aterro para resíduos inertes, aterro para resíduos não perigosos ou aterros para resíduos perigosos – devem ser depositadas. Embora existam apenas estas três classes de aterros, as licenças emitidas pelas entidades competentes estabelecem o tipo de resíduos que o aterro pode receber, ou seja, RSU, resíduos industriais banais (RIB), entre outros. Cria-se assim uma dificuldade acrescida.

Além de não estar estabelecido claramente que tipo de resíduo são as areias, também existem disparidades quanto à sua admissão ou não nos vários aterros, ficando ao critério da entidade gestora do aterro sanitário.

As dificuldades expostas perante a deposição final das areias associado ao facto da capacidade de muitos aterros estarem no seu limite deverá impulsionar o tratamento para reutilização destas, já para não mencionar as numerosas vantagens quer em termos ambientais quer em termos económicos.

A nível ambiental prende-se essencialmente com duas questões: a redução da quantidade de resíduos a depositar em aterro e a redução da quantidade de inertes extraídos.

A sua reutilização contribui para atingir as metas comunitárias estabelecidas para a diminuição de resíduos depositados em aterro e o aumento da quantidade de resíduos valorizados. Evitando também desta forma alguns impactes ambientais negativos resultantes de extração abusiva de materiais inertes.

O facto de haver reutilização das areias implica que estas não sejam depositadas em aterro, ou seja, não há custo de deposição, o que constitui uma vantagem económica para as entidades gestoras que atualmente suportam este custo.

Além disso, existe ainda a possibilidade da sua introdução no mercado (para reutilização na construção, p.e. em aterro de obras) obtendo receitas que poderão, no mínimo, ajudar nos custos de tratamento das mesmas.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) estes resíduos poderão ser classificados como: **20 03 06 Resíduos da limpeza de Esgotos** - neste tipo de resíduos englobam-se as areias e pedras, que resultam das obras iniciais de construção, ou de manutenção ou até da infiltração por fissuras/roturas.

3.3.3 Óleos e Gorduras

Os óleos e Gorduras são normalmente, resíduo resultante da limpeza e aspiração de fossa, estações elevatórias (EE), caixas de retenção de gorduras, redes de drenagem de sistemas separativos no que se refere à rede de águas residuais e rede de drenagem de sistemas unitários, entre outros.

O princípio da operação das caixas de retenção de gorduras (*vide* figura 3.3) é baseado no menor peso específico das gorduras quando comparada com a água. A água ao entrar na caixa deve ter uma velocidade reduzida em direção à saída, para que a gordura fique à superfície que ao entrar em contato com o ar superficial vai endurecendo, evitando a mistura com a água. Esta caixa de retenção de gorduras deverá ter dupla função, ou seja, ao mesmo tempo em que evita que a gordura vá para a fossa, impede o retorno dos gases que se encontram na fossa.

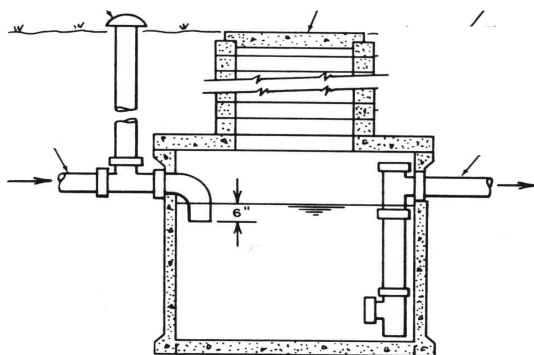


Figura 3.3: Desenho simplificado de câmara ou caixa de retenção de gorduras.

Periodicamente, com intervalos que dependem do volume de gordura produzido e da caixa de retenção, os resíduos gerados devem ser removidos. Ao longo da sua retenção neste órgão, a gordura não sofre uma redução ou qualquer tratamento significativo.

Estes resíduos gordurosos podem ser gorduras ou óleos. Ao nível da sua química orgânica são usualmente triglicerídeos, ésteres formados pela ligação de três ácidos gordos ao glicerol.

Os resíduos gordurosos como apresentam o referido peso específico inferior ao da água, são encontrados em maior concentração nos compostos em suspensão a flutuar à superfícies em águas mais estagnadas ou em fluxo laminar.

Como pode ser confirmado na tabela seguinte, verifica-se uma elevada quantidade de gordura presente nos compostos orgânicos em suspensão existentes em águas residuais domésticas.

Tabela 3.2: Compostos orgânicos em suspensão numa amostra de águas residuais – adaptado de Benn e Mcauliffe (1981)

Compostos	Concentração (mg/L)	% relativa ao total de Carbono Orgânico em Suspensão
Gorduras	140,0	50,0
Proteínas	42,0	10,0
Hidratos de Carbono	34,0	6,4
Detergentes Aniônicos	5,9	1,8
Açucars	1,7	0,3
Amidas	2,7	0,6
Ácidos Solúveis	12,5	2,3
Não discriminados	60,0	28,6
Carbono Orgânico	211,0	100,0

A gordura além de prejudicar o processo de tratamento das águas residuais origina colmatações nas tubagens, pois acumula-se com facilidade nas paredes rugosas (encrostando-se, o que dificulta a sua remoção), diminuindo pouco a pouco o seu diâmetro útil o que dificulta o escoamento e bombagem.

Se as gorduras afluírem diretamente à fossa séptica (sem caixa de retenção de gordura anterior), o processo de depuração na fossa é retardado pela diminuição do volume útil pela acumulação destas gorduras. Estas podem igualmente provocar entupimentos na descarga do efluente.

Pelo exposto, a manutenção/limpeza periódica de tubagens e coletores, assim como caixas de retenção de gordura, torna-se indispensável devido à concentração significativa de gorduras nos efluentes domésticos e afins o que justifica a grande quantidade gerada deste resíduo e a necessidade do seu tratamento.

Situação semelhante ocorre também na limpeza de coletores de esgotos ou mistos, isto é, coletores que não são submetidos a uma manutenção regular, acumulam junto às suas paredes gordura que também vai compactando com o tempo, com especial incidência em zonas de restauração ou indústria alimentar.

Encontramos ainda, estes resíduos em caixas de retenção de gorduras, que como o nome indica fazem a recolha das gorduras e encontram-se a montante de algumas fossas ou a montante da ligação do ramal ao coletor principal.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) este resíduo é classificado como: **19 08 09 Mistura de gorduras e óleos, da separação óleo/água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares**, estes resíduos resultam essencialmente da limpeza e aspiração de fossas, em especial fossas que não têm uma manutenção regular pois a gordura vai se acumulando à superfície formando por vezes porções de massa muito compacta de espessura considerada.

3.3.4 Resíduos Verdes

Podem ser enquadrados neste tipo de resíduos os resíduos de jardinagem e catividades afins, incluindo estes raízes, ramos, folhas, entre outros resíduos orgânicos.

São considerados resíduos biodegradáveis todos os que podem ser sujeitos a decomposição aeróbia (biodegradação na presença de oxigénio, da qual se produz composto) ou anaeróbia (fermentação, que origina, para além de composto, biogás), como acontece com os resíduos alimentares e de jardim.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) estes resíduos são classificados como: **20 02 01 Resíduos biodegradáveis** – resíduos verdes, como restos de jardinagem, ou raízes, entre outros resíduos orgânicos, que também são conduzidos para dentro dos coletores.

3.3.5 Outros Resíduos Não Biodegradáveis

Na reabilitação de redes e, em menor quantidade, em atividades correntes de manutenção, são gerados alguns resíduos similares a resíduos de construção civil, equiparáveis a entulho:

- tijolos, calhaus, telhas, fragmentos de caixas de visita, manilhas, coletores e condutas em geral, entre outros.

Para além destes refiram-se outros resíduos não biodegradáveis mais indiferenciáveis como:

- mangueiras de borracha, de borracha/têxtil trançado textil¹, embalagens, paletes, entre outros.

Atendendo à Portaria nº 209, de 3 de Março de 2004 (código LER) estes resíduos são classificados como: **20 02 03 Outros resíduos não biodegradáveis** – mangueiras, restos de fibra, bidões, paletes, fragmentos de manilhas, betão, fragmentos de tubagens ou de tampas de caixas de visita, ferro ou aço e outros materiais resultantes, da manutenção e/ou substituição de equipamentos ou material remanescente do processo de reabilitação.

¹ As mangueiras utilizadas na limpeza e desobstrução de coletores são feitas deste material devido à alta pressão da água.

3.4 Metodologias de tratamento dos resíduos

Os resíduos caracterizados anteriormente, na sua maioria, devem ser submetidos a operações de tratamento/estabilização.

Muitos dos resíduos encontram-se muito hidratados (p.e. resíduos de limpeza de fossas ou areias), pelo que a remoção de água por espessamento e/ou desidratação é fundamental, diminuindo assim o seu peso e o seu volume com a redução de custos de tratamento (requerem menos volume do órgão de tratamento para o mesmo tempo de retenção), transporte e destino final. Os resíduos desidratados são igualmente mais fáceis de manusear.

Alguns dos resíduos referidos apresentam elevada concentração de matéria orgânica não estabilizada (p.e. resíduos de fossa sépticas e, mais estabilizados, resíduos verdes), pelo que é fundamental a redução da concentração de matéria orgânica biodegradável.

Os resíduos de fossas sépticas apresentam-se ainda com uma estabilização incompleta, podendo inclusive – sobretudo se provenientes de fossas com má operação – apresentar perigo para a saúde pública. Assim, à semelhança do que ocorre usualmente a lamas de ETAR's e a resíduos de fossas sépticas que são descarregados em ETAR's, devem merecer uma digestão anaeróbia complementar.

Os resíduos verdes, eventualmente com a mistura de outros resíduos ou efluentes de operações de tratamento (p.e. do digestor anaeróbio), devem sofrer um processo de compostagem.

Uma instalação de gestão, armazenamento e tratamento deste tipo de resíduos deverá gerar sempre uma quantidade significativa de maus odores. A minimização da emissão de maus odores numa instalação, como a que é descrita neste trabalho, deve ser considerada. Para além de depender dos resíduos afluentes, dos órgãos de armazenamento e tratamento, das operações de limpeza e manutenção, para a redução da libertação de maus odores da instalação devem ser equacionadas soluções de mascaramento ou inclusive tratamento de maus odores.

3.4.1 Espessamento

No espessamento de resíduos com elevadas concentrações de água (hidratação superior a 90%) como as lamas primárias e secundárias de ETAR's ou alguns os resíduos da limpeza de fossas sépticas, os resíduos são submetidos a uma elevação da concentração da fase sólida.

Para se efetuar esse processo pode-se realizar o espessamento por flotação assistida e o espessamento gravítico.

A flotação assistida é mais adequada a partículas sólidas de natureza floculosa e/ou peso específico reduzido, o que não é o caso dos resíduos tratados neste Projeto.

No espessamento gravítico, a efetuar a partículas sólidas com peso específico muito superior ao da água (p.e. lamas primárias de ETAR's e alguns dos resíduos aqui tratados), verifica-se uma sedimentação das partículas sólidas. O sobrenadante, podendo conter elevadas concentrações de poluição, nomeadamente carência química de oxigénio, usualmente é recirculado para a entrada de uma ETAR's. No Projeto em estudo, este deve ser encarada como uma água residual.

Os espessadores gravíticos mais comuns são similares a sedimentadores (*vide* figura 3.4) primários circulares de fluxo vertical implantados em ETAR's, contudo a sua operação é descontínua. O tempo máximo de retenção dos resíduos (sedimento e sobrenadante) não deverá atingir as 8h atendendo ao grande potencial destes resíduos em produzir maus odores em condições anaeróbias e à geração de gases que influencia negativamente a sedimentação.



Figura 3.4: Fotografia de um espessador de lamas.

3.4.2 Desidratação

Existem normas para o tratamento de lamas de modo a que possam ser valorizadas ou eliminadas sem constituírem qualquer perigo para o homem e para o ambiente.

Existem várias soluções possíveis no que diz respeito à desidratação conforme as características que estejamos interessados como valor do equipamento, a percentagem de remoção de humidade, o espaço ocupado.

Centrífuga

As centrífugas separam os sólidos da água por diferença de força centrífuga. Para que se obtenha uma água razoavelmente limpa, é necessário conservar na lama uma percentagem relativamente elevada de água, obrigando a uma secagem posterior por outro processo.

A eficiência das centrífugas pode ser melhorada pela adição de coagulantes orgânicos de filtração.

Este método apesar de necessitar de um investimento inicial elevado e as operações de manutenção serem de valores superiores comparativamente aos outros métodos de desidratação, os resultados obtidos são de 50 a 80% de teores de resíduos sólidos na lama efluente, além disso, ocupa uma área muito pequena comparativamente aos outros, como se verifica na figura seguinte.



Figura 3.5: Exemplo do aspeto das lamas após centrifugação - adaptado de catálogo de distribuidores Alfa Laval.

As lamas resultantes são adequadas para aplicação na agricultura e em jardinagem ou serem aplicadas em obras e aterro, caminhos e outras estruturas.

Filtros – Prensa

Os filtros-prensa são filtros de pressão, constituídos de placas de ferro entre as quais se prendem os panos filtrantes. Caso seja necessário poderá ajustar-se o pH com cal pois este irá variar consoante a concentração de gorduras.

A lama é submetida durante uma a duas horas à pressão de 6 a 8 atm, sendo depois removido manualmente em estado sólido. Durante a operação, o teor de água cai de 95 para 65%, com o que seu volume fica reduzido a um sétimo. Estas telas filtrantes devem ser limpas continuamente por meio de esguichos.

Prensa

A prensa contínua de esteiras possui duas correias sem-fim em movimento contínuo, das quais pelo menos uma é constituída por uma tela filtrante. As duas esteiras são progressivamente apertadas uma contra a outra por meio de roletes. O espaçamento entre elas e a velocidade de translação são reguláveis. A lama é espremida com pressão crescente entre as duas esteiras, saindo com cerca de 23% de sólidos (*vide* figura seguinte). A tela filtrante é lavada por esguichos durante a volta.



Figura 3.6: Exemplo do aspeto final das lamas após serem submetidas à prensa - Adaptado de catálogo de distribuidores Ecomachine

Filtro a vácuo

Nos filtros a vácuo, o pano filtrante ou espirais de aço encontram-se na periferia de um tambor rotativo de movimento lento mergulhado na lama do líquido. O tambor é dividido internamente em compartimentos estanques submetidos a vácuo um após o outro. A lama é aspirada de fora para dentro e fica retida no pano, formando um bolo contínuo com 4 a 10 mm de espessura. Durante a rotação, a água é removida para dentro do tambor.

Leito de secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetadas e construídas de modo a receber a lama dos digestores, aeróbios e anaeróbios. A redução de humidade é feita com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem.

O funcionamento dos leitos de secagem é baseado num processo natural de perda de humidade que se desenvolve devido:

- à libertação de gases dissolvidos: as lamas ao serem transferidas do digestor, onde se encontravam a pressão elevada, quando submetidas à pressão atmosférica nos leitos de secagem libertam os gases dissolvidos;

- liquefação: devido à diferença do peso específico da lama e da água, proporciona-se a rápida drenagem da água que irá sofrer evaporação natural devido ao contato com a atmosfera e devido ao poder calorífico da lama.

A lama em condições normais de secagem poderá ser removida do leito de secagem depois de um período que varia de 12 a 20 dias, quando a humidade atinge valores de 70 a 60%.

A concentração final das lamas desidratadas depende do método escolhido (filtro banda, centrífuga, leitos de secagem, prensas entre outros), mas ronda os 20 % (Metcalf e Eddy, 2003).

O método a escolher vai depender do valor económico, da manutenção exigida, e da percentagem de humidade final conveniente, pois no sistema proposto poderá ser um parâmetro importante já que a lama vai ser incorporada na compostagem, convém que possua alguma humidade.

3.4.3 Digestão Anaeróbia

A decomposição da biomassa poderá ser efetuada através do desenvolvimento das reações de digestão aeróbia ou anaeróbia conforme a presença ou ausência de oxigénio, respetivamente.

Neste sentido, foi necessário avaliar o funcionamento dos dois tipos de digestores (aeróbio e anaeróbio), tendo sempre em conta fatores como: custo inicial, custo de funcionamento, custo de manutenção, qualidade e quantidade de lamas produzidos, melhorando as suas propriedades de acordo com a sua posterior utilização.

Tradicionalmente, e comparando os dois processos, o anaeróbio é mais vantajoso face ao aeróbio (Van Haandel & Lettinga *et al.*, 1988) dado que:

- produz menos sólidos, dado que o rendimento biomassa/substrato da biomassa anaeróbia (aproximadamente 0.1 kg sólidos suspensos voláteis/kg CQO removido), é cerca de 5 vezes inferior ao correspondente valor da biomassa aeróbia;

- tem menor necessidade em nutrientes devido à menor produção celular da biomassa anaeróbia;

- tem menor necessidade energética, porque não é necessária potência para arejamento, sendo também muitas vezes desnecessária uma agitação mecânica devido aos elevados caudais de gás produzido;

- se produz metano, o principal produto final resultante da estabilização da matéria orgânica via anaerobiose, que pode tornar o processo excedentário em energia, dependendo, essencialmente, da concentração de substrato e da temperatura de operação;

- a biomassa possui a capacidade de preservar a sua atividade após longos períodos (vários meses), sem operar, o que é especialmente importante no caso de efluentes de indústrias sazonais;

- beneficia de tolerância a condições ambientais adversas, tais como baixas temperaturas, < 10°C, e presença de tóxicos;

- requer menor área do que os processos aeróbios;

- implica baixos custos de implantação e baixos custos operacionais

- desfruta de tolerância a elevadas cargas orgânicas;

- é aplicável em pequena e grande escala;

Contudo, este sistema apresenta também algumas desvantagens:

- bactérias anaeróbias suscetíveis à inibição;
- “Start-up” ou partida do processo pode ser lenta;
- pós-tratamento necessário;
- bioquímica e microbiologia do processo complexas;
- pode ocorrer geração de maus odores;
- efluente após tratamento anaeróbio com aspeto desagradável;
- remoção de fósforo (P), azoto (N) e patogênicos insatisfatória.

Não obstante, a composição das lamas obtidas por digestão anaeróbia varia de acordo com as características do resíduo e as condições de funcionamento do processo de digestão.

Em relação ao abastecimento de biomassa o biodigestor pode ser classificado como contínuo, quando o abastecimento de biomassa é diário, com descarga proporcional à entrada, ou descontínuo, quando utiliza a sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até efetuar a completa biodigestão.

Um digestor é composto, basicamente, por uma câmara fechada, na qual a biomassa é fermentada anaerobiamente, isto é, sem a presença de oxigénio. Como resultado desta fermentação ocorrem a libertação de biogás e há a possibilidade de aproveitamento dos resíduos como biofertilizantes e combustível.

É possível, portanto, definir um digestor como um órgão destinado a conter a biomassa e seu produto. A sua função é fornecer as condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogénicas, degradem o material orgânico, com a consequente libertação do gás.

Existem vários tipos de biodigestor, mas, em geral, todos são compostos, basicamente, por duas partes: um recipiente, (tanque), para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasómetro, (campânula), para armazenar o biogás.

Um biodigestor não é nada mais que um reator químico, em que as reações químicas têm origem biológica, transformando a matéria orgânica biodegradável, na ausência de oxigénio, em metano e dióxido de carbono, produzindo subprodutos como amoníaco, sulfuretos e fosfatos. Este processo de digestão é desenvolvido por uma sequência de ações realizadas por uma vasta gama de bactérias, no qual se pode distinguir quatro fases distintas: hidrólise, acidogénese, acetogénese e metanogénese (Metcalf e Eddy, 2003):

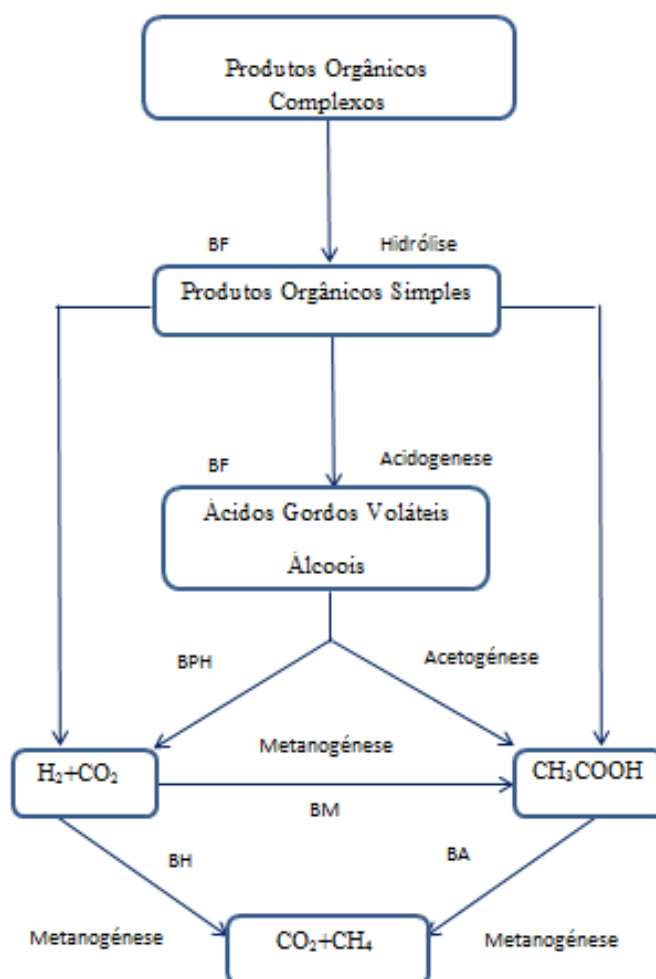


Figura 3.7: Fluxograma representativo das reacções químicas que se processam durante a digestão anaeróbia - adaptado de Batstone, 2002.

Onde:

BF – Bactérias fermentativas;

BPH – Bactérias produtoras de hidrogénio;

BM – Bactérias metanogénicas

BA – Bactérias acetotróficas;

BH – Bactérias hidrogenotróficas.

Assim sendo:

I - Fase de hidrólise:

polímeros complexos (polissacáridos, proteínas e lípidos) → compostos de baixo peso molecular (oligossacáridos e monossacárido); péptidos e aminoácidos; ácidos gordos e glicerol; ácido acético, CO₂ e H₂

Nesta fase, ocorre a liquefação do meio. O material orgânico complexo é convertido em material orgânico simples, ou seja, os polímeros orgânicos são convertidos em compostos simples e solúveis de menor peso molecular (monómeros). O processo requer a interferência das chamadas exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas (Van Haandel & Lettinga, 1994). As matérias complexas (celulose, hemicelulose, amido, pectinas, proteínas, lipídios) são convertidas pelas bactérias hidrolíticas em compostos solúveis, tais como aminoácidos, peptídeos de cadeia curta, mono e dissacarídeos.

II - Fase acidogénica:

compostos de baixo peso molecular (ácidos orgânicos, álcoois → ácidos voláteis, CO₂ e H₂

Os compostos dissolvidos ou liquefeitos, gerados no processo de hidrólise, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogénese, excretados como substâncias orgânicas simples como ácidos gordos voláteis (AGV), álcoois, ácido láctico, e compostos minerais como CO₂, H₂, NH₃, H₂S, etc., (Van Haandel & Lettinga, 1994).

Na acidogénese os produtos da hidrólise são metabolizados pelas bactérias fermentativas em compostos orgânicos simples como álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos gordos de cadeia curta, CO₂ e H₂. A maior parte dos produtos finais da acidogénese e da acetogénese são o ácido fórmico e ácido acético, o hidrogénio e dióxido de carbono (Batstone, 2002).

Conforme Van Haandel & Lettinga (1994), apesar de minoria, algumas bactérias da acidogénese são facultativas e podem metabolizar o material orgânico pela via oxidativa, removendo o oxigénio dissolvido (O₂), porque a presença desta substância, eventualmente, poderia ser tóxica se não fosse removida.

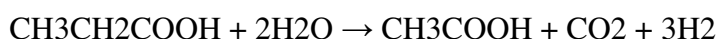
III: Fase acetogénica:

ácidos voláteis → ácido acético

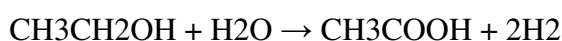
A acetogénese é uma etapa reguladora do processo que permite a transformação dos produtos da acidogénese em ácido acético, precursor do metano, impedindo a acumulação de ácidos gordos voláteis, além do ácido acético. Estes, em concentrações relativamente altas, inibem a etapa final da digestão anaeróbia. A transformação dos ácidos gordos e dos álcoois em ácido acético é feita pelas bactérias produtoras de hidrogénio. Durante a acetogénese, os ácidos gordos voláteis, bem como os álcoois, são transformados em ácido acético pelas bactérias produtoras de hidrogénio. Segundo Olsson (1999), citando Harper & Pohland (1986), na acetogénese, os produtos finais de decomposição são o hidrogénio, o dióxido de carbono e o ácido acético. Dependendo do estado de oxidação do material orgânico a ser digerido, a formação de ácido acético pode ser acompanhada pelo surgimento de dióxido de carbono ou hidrogénio (Van Haandel & Lettinga, 1994).

De acordo com Metcalf e Eddy, citando Fox & Pohland (1994), as reações da acidogénese, em pH 7,0 e a 1 atm, que conduzem à formação de ácido acético, são explicadas da seguinte forma:

Propionato → Acetato



Etanol → Acetato



IV: Fase metanogénica:

ác.voláteis → metano e CO₂/ CO₂ e H₂

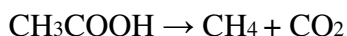
O ácido acético, CO₂ e H₂ produzidos pela acetogénese são convertidos em gás metano (CH₄) e em CO₂. Nesse estágio bactérias anaeróbias metanogénicas convertem ácidos orgânicos simples em Metano e Dióxido de Carbono, com período de duração de dez dias a 20 °C.

A metanogénese em geral é o passo que limita a velocidade do processo de digestão como um todo, embora a temperatura abaixo dos 20 °C, a hidrólise se possa tornar limitada (Van Haandel e Lettinga, 1994).

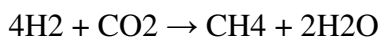
O metano é produzido pelas bactérias acetotróficas a partir da redução ou descarboxilação do ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução do dióxido de carbono.

Obtêm-se, portanto, as seguintes reações:

Metanogénese acetotrófica:



Metanogénese hidrogenotrófica:



Teoricamente, 33% do metano pode ser proveniente da redução de CO_2 . O ácido acético pode produzir pelo menos 67% do metano ().

Dos compostos intermediários, somente H_2 e HCOOH e acetato podem ser usados diretamente pelas bactérias metanogénicas, enquanto os outros precisam, para serem convertidos em produtos finais, de passar pelas bactérias produtoras de hidrogénio (Batstone, 2002).

A produção de metano (60 a 70% do biogás), depende diretamente da degradação dos ácidos gordos voláteis (AGV), não estando ligada à concentração de ácido acético. Cerca de 70% do metano provém do ácido acético, que é seu maior precursor (Olsson e Newell, 1999).

Em suma, verifica-se, uma cadeia sucessiva de reações bioquímicas, onde inicialmente acontece a hidrólise ou quebra das moléculas de proteínas, lipídios e polissacarídeos até à formação dos produtos finais, essencialmente gás metano e dióxido de carbono. A velocidade de crescimento das bactérias metanogénicas determinam a velocidade de reação, isto é, um lento crescimento requer um longo tempo de retenção para ocorrer uma adequada estabilização.

Este processo desenvolve-se num reator hermético com alimentação contínua ou descontínua permanecendo a lama no reator por um variado período de tempo que varia de 30 a 60 dias, se se tratar de um procedimento sem aquecimento e sem homogeneização (agitação) ou 15 dias (ou menos) se pelo contrário se tratar de um processo com aquecimento e homogeneização da mistura. Podendo ainda promover-se a combinação dos dois sistemas para um maior rendimento.

No sistema de tratamento anaeróbio a média de tempo de retenção celular dos microrganismos no reator é equivalente ao tempo de retenção hidráulico, mas com o aumento da temperatura o tempo médio de retenção celular é reduzido significativamente, assim, o aquecimento do conteúdo do reator diminui não só o tempo de residência celular médio necessário para atingir o tratamento adequado, mas também o tempo de retenção hidráulica, portanto, poderá ser utilizado um reator de menor volume (Metcalf & Eddy, 2003).

3.4.4 Compostagem

No presente Projeto prevê-se a compostagem das lamas de fossas sépticas (após digestão anaeróbia) e dos resíduos verdes, contudo, neste tipo de tratamento poderão ser incorporados outros resíduos que surjam ocasionalmente ou resultantes da manutenção do local de implementação do sistema. Como por exemplo, os materiais lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira e o serrim, as podas dos jardins, folhas e agulhas das árvores, palhas e fenos, folhas verdes, estrumes animais, urinas, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, entre outros. Os resíduos que não devem ser incorporados no sistema são, os materiais inorgânicos como vidros, plásticos, tintas, óleos, metais, pedras, e semelhantes pela impossibilidade da sua decomposição e materiais que contenham excesso de gorduras (porque podem libertar ácidos gordos que retardam a compostagem e prejudicam o composto).

A compostagem baseia-se essencialmente num processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos (bactérias e fungos) decompõem a matéria orgânica dos materiais libertando dióxido de carbono e vapor de água e transformando o material num material rico em nutrientes, nomeadamente azoto e fósforo. O composto obtido, além de ser rico em nutrientes, ao ser misturado no solo, aumenta a sua capacidade de retenção de água e nutrientes, melhorando a sua estrutura e arejamento.

Outra característica muito importante da compostagem é a obtenção da destruição da viabilidade das sementes de infestantes e os microrganismos patogénicos pois durante o processo atinge temperaturas muito elevadas que os destrói.

Durante o processo de compostagem, existem três fases distintas de atividade bacteriana: a mesófila, a termófila e a de estabilização ou arrefecimento.

Na primeira fase ocorre a degradação microbiológica de compostos de carbono mais simples (açúcares solúveis, ácidos orgânicos, entre outros), atingindo cerca de 40°C. Esta fase demora cerca de 2 a 3 dias.

A fase termófila adquire o máximo de degradação e estabilização orgânica do material e que poderá atingir cerca de 70° C. É também neste período que são destruídos os organismos patogénicos e as sementes de infestantes. Este período poderá demorar semanas ou mesmo meses dependendo do tamanho e da composição da pilha de compostagem.

Terminado o ciclo de metabolização da matéria orgânica, começa a fase de arrefecimento com a descida da temperatura e redução da atividade microbiana. É também nesta fase que ocorre a grande parte da evaporação de água, assim como a estabilização do pH e formação de ácidos húmicos. Nesta fase a diversidade de bactérias é muito pequena, sendo os actinomicetes mesofílicos/termotolerantes e os fungos os microrganismos mais comuns. Logo a seguir ocorre a fase de maturação onde compostos como lenhina, hemicelulose, celulose, amido e outros polímeros são decompostos lentamente pela ação destes microrganismos.

Este é um processo biológico que ocorre naturalmente, contudo pode ser acelerado pela intervenção do homem, pois existem vários parâmetros essenciais que afetam a atividade dos microrganismos que podem e devem ser controlados como se descreve de seguida.

A compostagem é um processo necessariamente aeróbio e por isso a manutenção de níveis adequados de oxigénio no interior dos materiais que vão sofrer compostagem é uma condição essencial para o sucesso do processo. Na compostagem natural o oxigénio é repostado através do revolvimento mecânico periódico da pilha. O oxigénio é necessário para os microrganismos obterem energia resultante da oxidação do carbono orgânico. O qual, posteriormente, se liberta como carbono inorgânico, na forma de dióxido de carbono.

Este arejamento da pilha além de favorecer a oxigenação, favorece a secagem e o arrefecimento no seu interior. Isto é, fornece o oxigénio para a atividade biológica, remove humidade da massa em compostagem, e remove calor diminuindo a temperatura da matéria.

Quando esta oxigenação não for suficiente, poderão formar-se zonas de atividade anaeróbia. Se esta não for excessiva a pilha de compostagem funcionará como um filtro que impedirá a libertação dos gases com maus odores que posteriormente serão degradados no seu interior. Se a atividade anaeróbia for intensa resultarão cheiros desagradáveis que não devem acontecer se o processo de compostagem for bem conduzido.

O teor de humidade é outro parâmetro essencial que se deve controlar, sendo que, se deverá manter entre os 50 a 60%. Abaixo de 35-40% de humidade a decomposição da matéria orgânica é fortemente reduzida e abaixo de 30% de humidade praticamente é interrompida.

O limite superior depende do material e do tamanho das partículas sendo frequentemente considerado entre valores de 55 e 60% de humidade. Uma humidade superior a 65% retarda a decomposição, e produzem-se maus odores em zonas de anaerobiose localizadas no interior da pilha, para além de permitir a lixiviação de nutrientes. O teste da esponja é um teste expedito que consiste em pegar numa mão cheia de composto e apertar e não deverá escorrer água (pode pingar algumas gotas) mas deve ficar humidade na mão. A pilha deve ficar em cima da terra e não num local impermeável à água.

A humidade é necessária no processo uma vez que os microrganismos só são capazes de absorver os nutrientes que se encontrem na fase dissolvida. Além disso, a água é necessária aos processos metabólicos e à construção de biomassa, uma vez que esta é constituída maioritariamente por água (mais de 70 %).

Ao escolher e misturar os materiais para compostagem é aconselhável ter uma noção do teor de humidade da mistura. É frequente que os materiais mais húmidos sejam muito ricos em azoto e os materiais mais secos sejam muito ricos em carbono.

Neste contexto, a mistura mais adequada deverá ter diferentes materiais combinando resíduos com características diferentes pois, os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os materiais azotados aceleram o processo de compostagem, porque o azoto é necessário para o crescimento dos microrganismos. Genericamente, quanto mais baixa é a relação C/N mais rapidamente termina a compostagem.

O solo ajuda a manter a estabilidade da pilha e é utilizado como inoculo de microrganismos responsáveis pela compostagem. O solo recolhido por baixo de uma pilha velha de compostagem, é rico em azoto. A quantidade de solo a utilizar numa pilha de compostagem não deve exceder um a dois centímetros por cada 30 cm de altura da pilha. Demasiado solo torna a pilha pesada para revolver e pode criar condições de anaerobiose em clima chuvoso.

A temperatura é o fator mais importante para determinar se a operação de compostagem se processa como desejável, pelas razões já apresentadas anteriormente, pois a produção de calor do material é indicativa da atividade biológica desse material e, por isso, indiretamente, do seu grau de decomposição.

A produção de calor depende da velocidade a que a decomposição se processa (ou da velocidade a que os microrganismos crescem e atuam), e esta, depende do teor de humidade, arejamento e relação C/N da mistura dos materiais, da forma e do tamanho da pilha de compostagem (que afeta o arejamento e a dissipação do calor da pilha) e da temperatura exterior à pilha. Deve-se registar a temperatura de vários pontos da pilha, no interior e no exterior, ou em diferentes camadas.

A temperatura da pilha não deve ultrapassar muito os 65°C porque os microrganismos benéficos são eliminados. Nestes casos deverá proceder-se ao revolvimento da pilha pois o respetivo arejamento diminui as temperaturas dissipando o calor (Rifaldi et al. 1992).

Um composto estará maduro quando a sua temperatura se mantiver constante durante a movimentação do material (Metcalf & Eddy, 2003).

A granulometria dos resíduos que irão ser submetidos ao processo é outro parâmetro determinante porque influencia as restantes condições em que o processo irá decorrer.

Assim sendo, os resíduos deverão ser de pequenas dimensões ou triturados pois a decomposição inicia-se junto à superfície das partículas, onde exista oxigénio difundido na película de água que as cobre, e onde o substrato seja acessível aos microrganismos e às suas enzimas extracelulares. Como as partículas pequenas têm uma superfície específica maior estas serão decompostas mais rapidamente desde que exista arejamento adequado.

O pH é muito importante para o desenvolvimento de uma comunidade biológica e na compostagem não é exceção mas torna-se difícil de o controlar. Felizmente, diferentes microrganismos têm capacidade de se adaptar a diferentes pH, evoluindo assim o pH da mistura para um valor próximo do neutro. Um pH inicial entre 5,5 e 8,5 é o mais adequado aos microrganismos presentes na compostagem, mas o processo pode decorrer com sucesso fora desta gama de valores.

O pH do composto pode ser indicativo do estado de compostagem dos resíduos orgânicos. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem.

À medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica libertam-se ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Este abaixamento do pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose e da lenhina. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. No entanto, se existir escassez de oxigénio o pH poderá descer a valores inferiores a 4,5 e limitar a atividade microbiana, retardando, assim, o processo de compostagem. Nestes casos deve-se remexer as pilhas para o pH voltar a subir.

A adição de calcário, ou de outras substâncias alcalinas, como as cinzas, pode ser prejudicial, porque o aumento de pH causa a volatilização do azoto na forma de amoníaco, contribuindo, assim, para o efeito de estufa, os odores desagradáveis, e a diminuição de azoto disponível para a nutrição das plantas.

A escolha do local da pilha também é determinante, pois não deve ficar exposta diretamente ao sol ou ao vento, para que não seque, nem à chuva, para não ficar sujeita à lixiviação de nutrientes.

A forma e o tamanho da pilha de compostagem também influenciam a velocidade da compostagem, designadamente pelo efeito que têm sobre o arejamento e a dissipação do calor da pilha.

O tamanho ideal da pilha pode ser variável, tendo em conta que uma pilha muito baixa não aquece rapidamente pelo que não é muito favorável.

Por isso, nos locais muito frios pode ser preferível pilhas mais altas mas não demasiado pois podem tornar-se demasiado quentes e matar os microrganismos responsáveis pela compostagem e podem ficar muito compactas diminuindo o arejamento no seu interior.

No caso de se proceder à compostagem em pilhas baixas e longas então a altura deverá ser menor e o comprimento maior. Em suma deverá ser monitorizada a temperatura e ajustar a altura/comprimento em função dos resultados obtidos.

3.4.5 Odores Indesejáveis

Estes maus odores são provocados pela libertação do Gás Sulfídrico (H_2S) e outros compostos reduzidos de enxofre, do Amoníaco (NH_3) e outros compostos reduzidos de azoto e subprodutos orgânicos voláteis. Além disso, poderão existir outros focos de maus odores.

Num sistema de tratamento como o proposto, os maiores focos de maus odores serão as areias, que mesmo depois de lavadas e concentradas no classificador de areias, ainda contêm alguma matéria orgânica que ao entrar em decomposição provoca a libertação de odores, o espessamento, digestão anaeróbia e o manuseamento de lamas não estabilizadas a sua libertação para a atmosfera depende da concentração mas também da área superficial exposta à atmosfera e do grau de turbulência. (Metcalf & Eddy, 2003).

Em geral estes odores têm um cheiro desagradável que afeta as populações das proximidades. Esta questão tem levado, cada vez mais, à integração de soluções de tratamento de odores, não só pela população circundante mas também por uma questão de segurança pois um dos gases libertados que provocam odores (p.e., H₂S) podem, dependendo da exposição, ser letais.

A solução desta questão poderá estar na adaptação de sistemas de desodorização, cobrindo os órgãos mais vitais a este nível (p.e. o espessador gravítico) e instalando tubagens para recolher os odores e conduzi-los a tratamento. O tratamento de odores pode ser feito por métodos físicos (adsorção por carvão ativado), métodos químicos (oxidação química) ou métodos biológicos (biofiltros) (Metcalf & Eddy, 2003).

A **biodesodorização** consiste em fazer atravessar os gases através de um leito de turfa, que serve de meio de suporte ao desenvolvimento de microrganismos, os quais removem os agentes causadores dos odores.

Outro método utilizado para evitar maus odores é o **método químico** que consiste em promover o contato entre o ar contaminado e compostos químicos capazes de oxidar e neutralizar os compostos responsáveis pelos odores, através de uma “lavagem ácida”, com ácido sulfúrico, seguida de uma “lavagem oxidante em meio alcalino” com hipoclorito de sódio e soda cáustica.

Este método é especialmente utilizado em instalações de média e grande dimensão e é geralmente efetuado em dois estágios (duas torres), o primeiro para a neutralização dos derivados azotados (amoníaco, aminas) e o segundo para a neutralização do H₂S e outros compostos ácidos (*vide* figura 3.8).

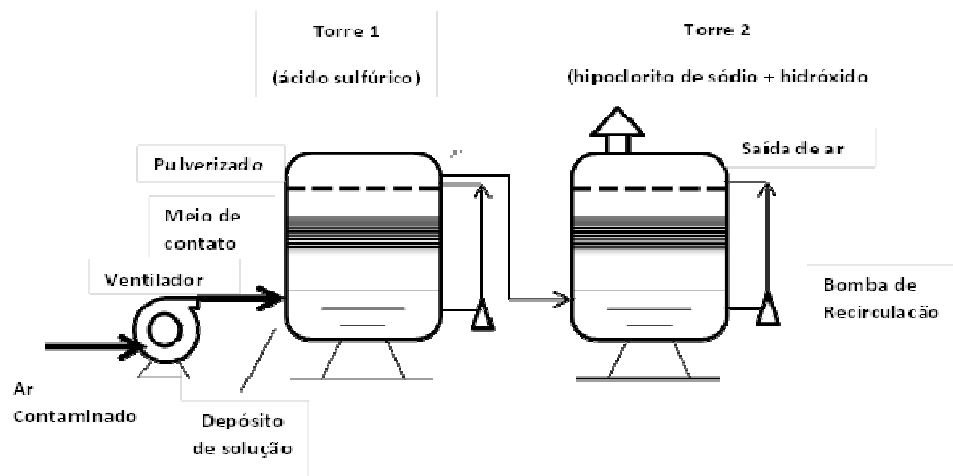


Figura 3.8 – Esquema representativo de lavagem química com duas torres - adaptado de Metcalf & Eddy, 2003

Este sistema tem a vantagem de ser muito eficiente, contudo utiliza reagentes perigosos e carece de uma manutenção mais cuidada, além disso necessita de muito espaço

A recolha do ar contaminado deverá ser feita através de tubagens onde são instaladas grelhas de aspiração e exaustores sobre os equipamentos, ou através da aspiração do ar por ventiladores centrífugos com introdução de ar fresco, natural ou artificialmente.

A **adsorção** é outro método que poderá ser utilizado e que consiste em fazer passar o ar por um meio adsorvente no qual os compostos responsáveis pelos odores aderem.

O meio adsorvente mais utilizado é o carvão ativado que tem a vantagem de se poder regenerar por via química (hidróxido de sódio) de 1 a 2 anos contudo, ao fim de 4 regenerações o carvão ativado terá de ser substituído.

Carvão ativado é um carvão moído ou granular que apresenta poros muito finos, que proporcionam uma grande área superficial efetiva. Uma das formas de obter carvão ativo é através da queima controlada com baixo teor de oxigénio, de madeiras de alta dureza, como a do nó de pinho, a uma temperatura entre 800°C a 1000°C. Desta forma, não ocorre a queima total da madeira e consegue-se manter sua estrutura porosa.

O carvão ativado tem a capacidade de coletar seletivamente gases, líquidos ou impurezas em sua superfície (no interior dos poros). Essa capacidade é chamada de adsorção que é o resultado de uma atração elétrica entre a superfície e a molécula. Este método é eficaz na adsorção de H₂S, compostos orgânicos.

O sistema de adsorção em carvão activado tem a vantagem de ter uma fácil operação, a possibilidade de aumento da eficiência através da regeneração além de possuir uma flexibilidade de funcionamento em função de variações de caudal. No entanto, também tem desvantagens, como a diminuição da eficiência ao longo do tempo, tem custos de regeneração e substituição do meio e pode dar-se a situação de colmatação do meio.

A recolha do ar contaminado deverá ser feita através de tubagens onde são instaladas grelhas de aspiração e exaustores sobre os equipamentos, ou através da aspiração do ar por ventiladores centrífugos com introdução de ar fresco, natural ou artificialmente.

CAPÍTULO 4. ENQUADRAMENTO LEGAL

Os resíduos gerados na atividade de limpeza, manutenção e reabilitação de sistemas de drenagem tratados neste Projeto, não encontram qualquer legislação específica nos diferentes planos, incluindo tratamento e destino final. Contudo muitas das operações de gestão destes resíduos deve obedecer à legislação geral atinente aos RSU, RIB, resíduos da construção civil e outros resíduos.

No presente capítulo é feita a identificação e uma breve descrição dos principais instrumentos legais da União Europeia e Portugal que direta ou indiretamente regulam a gestão de resíduos, designadamente a recolha, o transporte e tratamento e que são pertinentes para o presente Projeto.

4.1 Legislação Comunitária

A legislação nacional decorre em larga medida da política comunitária e da respetiva produção de directivas transpostas para o enquadramento jurídico português.

A crescente preocupação com a proteção do ambiente a nível mundial, e em particular ao nível das comunidades europeias, aliada à necessidade de uma estratégia comunitária para a gestão de resíduos e tendo em conta algumas directivas comunitárias (Directivas do Conselho 75/442/CEE, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos, a Directiva 78/319/CEE, de 20 de Março de 1978, relativa aos resíduos tóxicos e perigosos, com a última redacção que lhe foi dada pelo Acto de Adesão de Espanha e de Portugal, a Directiva 84/631/CEE, de 6 de Dezembro de 1984, relativa à vigilância e ao controlo na Comunidade das transferências transfronteira de resíduos perigosos, com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 86/279/CEE, bem como a resolução do Conselho de 21 de Dezembro de 1988, relativa à circulação transfronteiriça de resíduos tóxicos e perigosos para países terceiros), resultou na **Resolução do Conselho nº 90/C 122/02 de 07 de Maio de 1190** que se reporta a uma política global de gestão de resíduos.

A **Directiva nº 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho** relativa aos resíduos, altera a directiva nº75/442/CEE, que visa promover o desenvolvimento de tecnologias limpas e mais económicas em termos de recursos naturais, diminuindo a quantidade ou a nocividade dos resíduos e dos riscos de poluição, assim como, o aproveitamento dos resíduos para reciclagem, reutilização ou qualquer outra ação tendente à obtenção de matérias-primas secundárias ou a utilização de resíduos como fonte de energia.

Adapta ainda os anexos IIA e IIB da Directiva n.º 75/442/CEE do Conselho relativa às operações de valorização e eliminação dos resíduos tal como surgem na prática, sem colocar em perigo a saúde humana e sem a utilização de processos ou métodos susceptíveis de prejudicar o ambiente.

Relativamente ao encaminhamento final dos resíduos, e dado que, a maior porção serão lamas, deverá ter-se em conta o enquadramento a nível comunitário, nomeadamente, a **Directiva n.º 86/278/CEE, do concelho, de 12 de Junho** que invoca à proteção do ambiente, e em especial dos solos, na utilização agrícola de lamas de depuração, regulamentando desta forma a utilização das lamas de depuração na agricultura de modo a evitar efeitos nocivos no solo, na vegetação, nos animais e no homem, encorajando ao mesmo tempo à sua correta utilização.

A lista de resíduos e respetivos códigos são atribuídos através da **Decisão n.º 2001/119/CE, da Comissão, de 22 de Janeiro**, estabelecendo uma lista de resíduos em conformidade com a alínea a) do artigo 1.º da Directiva n.º 75/442/CEE do Conselho, relativa aos resíduos, e a Decisão n.º 94/904/CE do Conselho, que estabelece uma lista de resíduos perigosos em aplicação do n.º 4 do artigo 1.º da Directiva n.º 91/689/CEE do Conselho, relativa aos resíduos perigosos.

4.2 Legislação Nacional

A complexidade e a gravidade dos problemas relacionados com a gestão de resíduos revestem-se hoje de uma tal magnitude que a sua gestão adequada se manifesta um desafio inadiável para a sociedade atual.

A legislação nacional no que se refere a preservação do meio ambiente e prevenção da poluição em tem como suporte a Lei de Bases do Ambiente, **Lei nº 11 de 7 de Abril de 1987**, que define as bases da política de ambiente nacionais, em cumprimento do disposto nos artigos 9 e 66 da Constituição da República Portuguesa.

Com efeito, a legislação atual no que se refere a gestão de resíduos, alega o princípio da responsabilidade do produtor pelos resíduos que produz, e introduz um mecanismo autónomo de autorização prévia das operações de gestão de resíduos.

Neste enquadramento, o **Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho**, veio definir novas regras para o licenciamento das operações de gestão de resíduos revogando o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro e a Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro estabelecendo as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos, nomeadamente a sua recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação, por forma, a não constituir perigo ou causar prejuízo para a saúde humana ou para o ambiente.

Destaca-se a necessidade de autorização prévia no que diz respeito às operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos.

Além disso, determina que os Projetos de operações de gestão de resíduos devem ser acompanhados de parecer da Câmara Municipal competente que ateste a compatibilidade da sua localização com o respetivo plano municipal de ordenamento do território, bem como de um parecer favorável à localização, quanto à afetação de recursos hídricos, a emitir pela direção regional do ambiente e dos recursos naturais competente.

Clarifica e diferencia o procedimento a seguir consoante as operações de gestão de resíduos estejam ou não sujeitas a licenciamento industrial. Estabelece ainda os requisitos a que deve obedecer o processo de autorização prévia, das operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos ou outros tipos de resíduos.

Nos casos em que as operações de gestão de resíduos estejam sujeitas a licenciamento industrial, cuja coordenação seja da competência dos organismos tutelados pelo Ministério da Economia, o requerimento de autorização é entregue na delegação regional da economia, conjuntamente com o processo de licenciamento industrial, evitando-se, assim, uma duplicação de atos e procedimentos, contribuindo-se para uma maior celeridade e eficácia processuais.

A **Portaria nº 72 de 4 de Fevereiro de 2010** estabelece a taxa de gestão de resíduos, incidente sobre as entidades gestoras de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos, individuais ou coletivos, de centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos, de instalações de incineração e co-incineração de resíduos e de aterros sujeitos a licenciamento, com uma ligeira alteração imposta pela Portaria nº 222 de 2 de Junho de 2011, no que se refere a regras respeitante à liquidez, pagamento e repercussão dessa taxa.

A obrigatoriedade de registo de um conjunto de dados relativos à produção e gestão de resíduos, como quantidades de cada tipo de resíduos, origem e destino, entre outros, impõe-se através da **Portaria nº 1408 de 18 de Dezembro de 2006** e da **Portaria nº 320 de 23 de Março de 2007** que aprovam o Regulamento de Funcionamento do Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER), que se encontra a cargo dos produtores e operadores de gestão de resíduos, estabelecendo regras do registo referido no art.48º do Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, no âmbito do SIRER, bem como a gestão da respetiva base de dados, composta por um conjunto de elementos informativos, dispostos de modo sistemático ou metódico, suscetíveis de acesso individual por meios eletrónicos a um mecanismo de registo e acesso a dados sobre resíduos, substituindo, deste modo, os antigos mapas de registo de resíduos.

A realização de operações de gestão de resíduos, entre outras coisas, exige a detenção de um alvará de licença para realização de operação de gestão de resíduos que terá de cumprir os requisitos da **Portaria nº 50 de 9 de Janeiro de 2007** o qual desfruta de uma pequena alteração na Declaração de Rectificação nº 16/2007, de 26 de Fevereiro.

Para definir os elementos que devem acompanhar o pedido de licenciamento das operações de armazenagem, triagem, tratamento e valorização e eliminação de resíduos, usufruímos da **Portaria nº 1023 de 20 de Setembro de 2006**.

As regras sobre as operações de transporte de resíduos em território nacional e os modelos das respetivas guias de acompanhamento são aprovados por portaria conjunta dos Ministros da Administração Interna, do Equipamento, do Planeamento e Administração do Território, da Saúde e do Ambiente – **Portaria nº 335 de 16 de Maio de 1997**.

Os operadores que exerçam atividades de armazenagem em local diferente do local de produção, tratamento, valorização ou eliminação de resíduos devem enviar anualmente às autoridades competentes, um registo dos resíduos armazenados, tratados, valorizados ou eliminados, bem como das operações que efetuam, nos termos definidos por portaria do Ministro do Ambiente.

O conhecimento da origem, das características e das operações a que são submetidos os resíduos constitui uma condição necessária para efetuar o diagnóstico dos atuais sistemas de gestão. Com base neste diagnóstico será possível planificar as alterações a realizar e a criação de novos sistemas, atendendo sempre, prioritariamente, às potencialidades de prevenção da produção e da nocividade dos resíduos.

Com efeito, a **Portaria nº209 de 3 de Março de 2004** aprova a Lista Europeia de Resíduos e define as operações de valorização e de eliminação de resíduos, organizando, e tornando mais eficaz a fiscalização e controlo das transferências de resíduos dentro do território nacional por forma a corresponder à necessidade de proteger e melhorar a qualidade do ambiente e a saúde pública, assim como, a necessidade de fixar as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos.

No que respeita à utilização das lamas de depuração para a agricultura, o que poderá ser um dos destinos final dos nossos resíduos, o **Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro**, que transpõe para ordem jurídica interna a Diretiva nº n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, de modo a evitar os efeitos nocivos sobre o homem, os solos, a vegetação, os animais e o ambiente em geral, ao mesmo tempo que se pretende encorajar a sua correta utilização. Com efeito, estabelece o limite de concentração de alguns parâmetros presente nas lamas de depuração com destino à utilização agrícola e limita a sua utilização sob condições climatéricas adversas e a sua aplicação em margens de rios ou lagos, prados e culturas hortícolas e frutícolas. Decreta ainda obrigatoriedade de análise das lamas e solos sobre os quais as lamas são utilizadas.

Em síntese, apresenta-se de seguida um esquema que resume a legislação nacional vigente, mais relevante, no que se refere a gestão de resíduos:

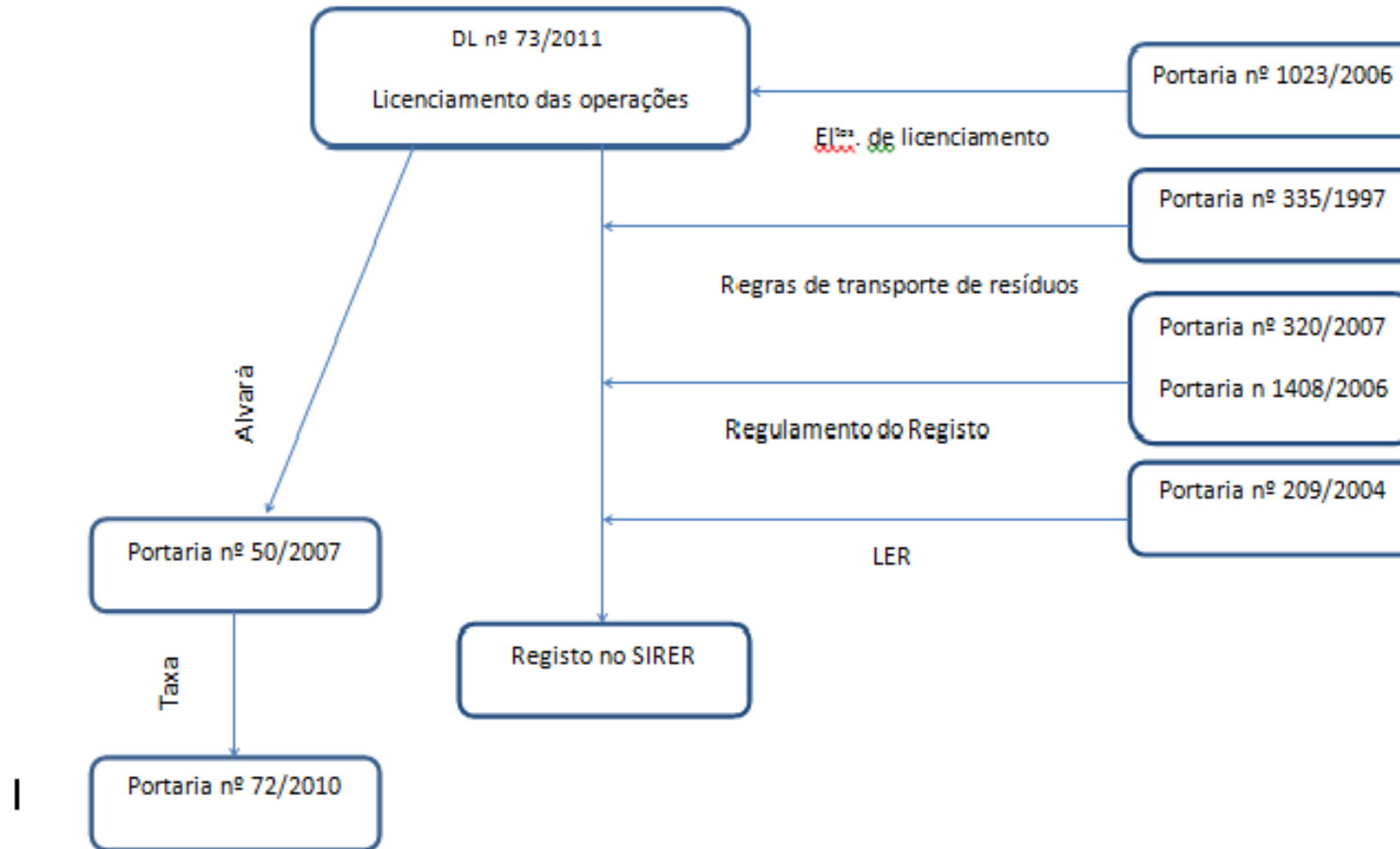


Figura 4.1: Esquema que resume a legislação nacional vigente, mais relevante, no que se refere a gestão de resíduos.

CAPÍTULO 5. A EMPRESA LIMPA CANAL

5.1 Apresentação da Empresa

A empresa *Limpa Canal – Limpezas Ecológicas, Lda.* (sociedade por cotas), sediada no Lugar da Póvoa da Medronhosa em Viseu, acuta na manutenção e reabilitação de tubagens e redes de drenagem em geral, desde Setembro de 1999, disponibilizando serviços nesta área como a limpeza, inspeção vídeo e a reabilitação de sistemas de saneamento básico.

Trata-se de uma empresa de média dimensão com um volume de negócios, no último ano de 1.167.158,00 €. Ao nível de recursos humanos, trabalham na empresa dois gerentes e quinze colaboradores, sendo doze operadores, dois técnicos e um administrativo.

Ao nível dos principais equipamentos relevantes para as atividades da empresa, refiram-se os seguintes:

- Frota de oito veículos hidrodessentupidores com diferentes dimensões e características (adaptáveis a diversas atividades);
- Duas viaturas equipadas para reabilitação de infraestruturas de saneamento básico e equipamento complementar;
- Três equipamentos de inspeção vídeo CTV.

A Limpa Canal tem implementado um Sistema de Gestão da Qualidade certificado pela APCER, e título de PME Excelência. Brevemente deverá possuir a certificação integrada.

Por se tratar de uma atividade muito específica e pouco difundida existe uma lacuna a nível da Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE), sendo-lhe atribuído o 81292 (Rev 3) – Outras atividades de limpeza, n.e. o que não se ajusta verdadeiramente à especificidade da sua atividade.

O interesse pela adequada gestão patrimonial das infraestruturas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais ainda se restringe às principais entidades gestoras dos sistemas de distribuição/drenagem públicos (p.e. câmaras municipais, serviços municipalizados), privados (ou em consórcio), são os principais clientes da Limpa Canal.

A Limpa Canal – que atua em todo o território nacional - nos últimos anos equipou-se com a tecnologia mais avançada na sua área, o investimento realizado terá contribuído para que seja uma das líderes do mercado.

5.2 Principais atividades desenvolvidas pela Empresa

Nos pontos seguintes efetua-se uma breve descrição das atividades efetuadas pela Limpa Canal pertinentes para o presente estudo, e respetivas metodologias, para uma melhor perceção da quantificação e qualificação dos resíduos resultantes da sua atividade.

5.2.1 Limpeza e Desobstrução de redes e órgãos acessórios

Para a limpeza e desobstrução de coletores e condutas, câmaras de visita e órgãos acessórios da rede (fossas sépticas, EE, ETAR's, entre outros) é aplicada água a alta pressão seguida de sucção a vácuo. Este tipo de serviço tem o propósito de desobstruir zonas de acumulação de gorduras, e/ou de retenção de sedimentos que obstem ao escoamento do caudal, contribuindo para o mau funcionamento e degradação das redes de drenagem, potencializando igualmente a produção de maus odores.

Para este tipo de serviço são utilizados camiões hidrodesentupidores (*vide* figura seguinte), compostos essencialmente por uma cisterna (9000 L a 16500 L de capacidade). Esta possui dois compartimentos separados por parede móvel, separando os efluentes das lavagens-aspiração (com elevada concentração de resíduos) da água limpa para lavagem.

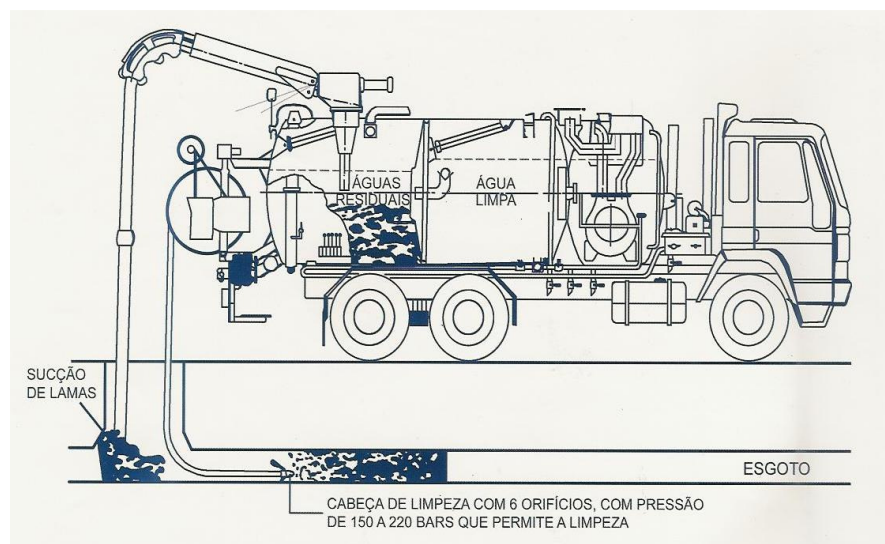


Figura 5.1: Desenho representativo do camião hidrodesentupidor e respetiva operação de lavagem-aspiração da rede de drenagem, adaptado do catálogo da Limpa Canal.

Este sistema permite a aspiração de resíduos (ou a sua aglomeração) volumosos e pesados, através de uma bomba de vácuo (1150m³/h a 1980 m³/h) e possui bomba de alta pressão (com capacidade entre 320 l/min e 520 l/min, e pressão desde 200 bar a 250 bar).

O trabalho de limpeza inicia-se por aspiração violenta a vácuo na caixa de visita, fossa ou qualquer outro órgão acessório, dos resíduos passíveis de serem aspirados, que se encontram a obstruir o acesso ao interior dos coletores. Para assistir/facilitar esta limpeza é inserido um jato de água dirigido às paredes da estrutura.

No que se refere à limpeza do coletor começa com a decapagem das superfícies interiores com jatos de água sob alta pressão, com posicionamento de hidro-injetores (*vide* figura seguinte) ou “cabeças de limpeza” a 45 graus e ação rotativa. A água é retroprojetada arrastando os detritos que quando chegam à caixa de visita são aspirados por uma mangueira mais larga, para o interior do camião. Esta operação é repetida até que o troço permita o escoamento normal do caudal, ou seja, quando se encontra limpo.

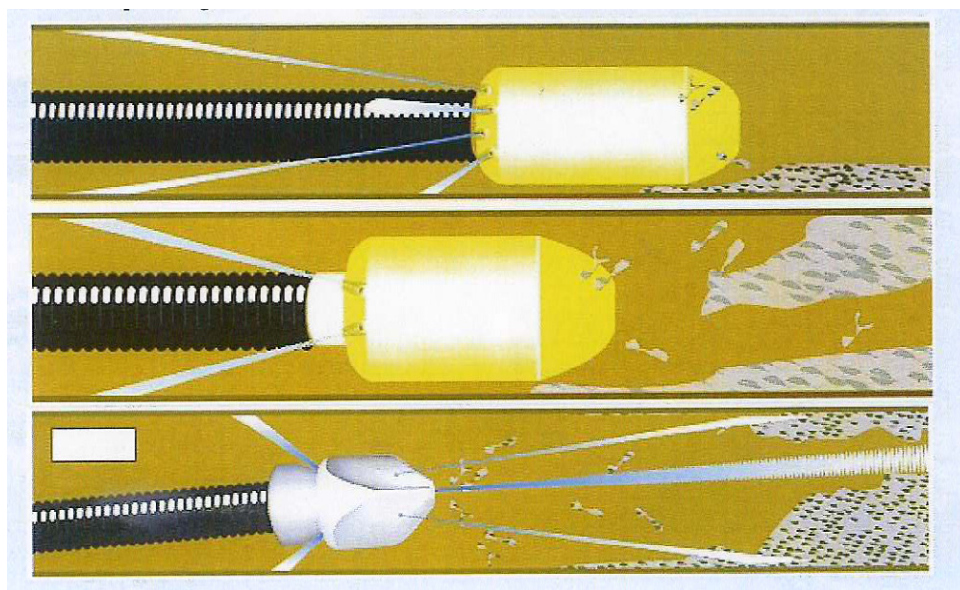


Figura 5.2:Exemplo de hidro-injetores a efetuar a limpeza, adaptado de catálogo da Limpa Canal.

Este tipo de hidro-injetor permite uma limpeza sem provocar danos no coletor, concentrando toda a energia no hidro-injetor, atuando através de orifícios que provocam jatos de elevadas pressões.

Existem vários tipos de hidro-injetores (*vide* figura 5.3) conforme o objetivo a atingir (desobstrução, corte de raízes ou limpeza) variando também com o estado e diâmetro do coletor. Como se pode observar na figura seguinte os jatos de água podem estar orientados para a frente para abrir passagem do hidro-injetor, em situações de obstrução e/ou orientados para trás para arrastar os resíduos até à caixa ou ainda, com correntes para cortar raízes ou arrancar gorduras incrustadas, entre outros.



Figura 5.3: Exemplo de alguns hidro-injetores utilizados pela Limpa Canal.

Para situações mais problemática, sem resolução através dos jatos de água, a Limpa Canal possui um robot de fresagem que executa o corte de raízes, betão e outros obstáculos que se encontrem no interior dos coletores, que podem contribuir igualmente para a retenção de sedimentos com o respetivo impacto negativo no funcionamento da rede (*vide* figura 5.4).

Este robot possui complementariamente uma câmara que envia as imagens vídeo para uma unidade de controlo central, que por sua vez transmite as informações necessárias para as manobras a executar pelo robot.



Figura 5.4: Robot de fresagem utilizado nas atividades da Limpa Canal.

5.2.2 Inspeção Vídeo

A inspeção vídeo de tubagens é realizada através de Closed Circuit Television (CTV). Para este efeito – centralizados num veículo equipado com laboratório informático para controlo da operação – são enviados robots (*vide* figura seguinte) equipados com os instrumentos de captação de imagem para o interior da rede.

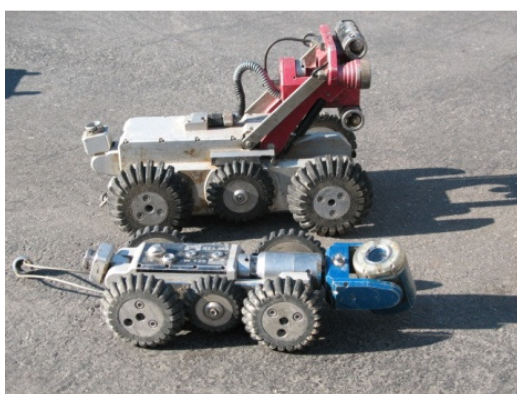


Figura 5.5: Exemplo de robots usados na inspeção CCTV pela Limpa Canal.

A captação de imagens em algumas situações particulares, como zonas de difícil acesso, é realizada através de um equipamento mais rudimentar portátil.

A partir do laboratório de informática é possível manobrar o robot à distância através de um painel de controlo e de um monitor e registar as imagens captadas que poderão ser guardadas e tratadas em suporte papel e formato digital. A alimentação deste equipamento é normalmente elétrica (em obra suportada por gerador) e o robot é comandado através de um cabo elétrico que transmite as informações (intensidade da luminosidade, a focagem da imagem, a velocidade etc.) dadas a partir da unidade de controlo.

Estes robots além de captarem a imagem interiores dos tubos, permitem medir a inclinação, a percentagem de ovalização, estando igualmente providos de zoom, que possibilita captar imagem de zonas que o robot não consegue alcançar (devido a obstáculos). Possuem ainda um sistema laser que permite medir a largura das fissuras e folga das juntas. Estes robots têm várias dimensões e rodas para se adaptarem aos diferentes diâmetros de tubo.

O registo das imagens catadas permite uma posterior análise e diagnóstico do tubo relativamente ao seu funcionamento normal, isto é, quanto à estática, hidráulica e estanquidade do mesmo.

Esta tecnologia permite detetar eventuais anomalias, como deformações, abatimentos, fugas ou infiltrações de águas e raízes com as respetivas implicações que poderão daí resultar, quer a nível ambiental quer ao nível do desempenho da rede. Este tipo de equipamento serve também para localizar caixas de visita que muitas vezes não estão visíveis e/ou ligações clandestinas.

5.2.3 Reabilitação das redes de drenagem

A Limpa Canal executa reabilitação de tubagens sem abertura de valas através de dois processos conforme o tipo e extensão dos danos, nomeadamente Reabilitação Contínua e Reabilitação Pontual.

Esta tecnologia permite uma intervenção num curto espaço de tempo, em todo o tipo de tubagem entre 100 e 1000 mm de diâmetro. Esta metodologia minimiza o incómodo causado na circulação rodoviária e pedonal, além de evitar a preocupação existentes aquando da abertura de valas (as restantes tubagens existentes no subsolo e o abalo dos edifícios envolventes), provocando um impacte mínimo no ambiente envolvente.

Reabilitação Pontual

A Reabilitação Pontual, também designado por “*Spot Liner*”, consiste num “remendo” pontual colocado diretamente no local do dano existente (*vide* figura seguinte).



Figura 5.6: Fotografia representativa de um dano de um coletor e o seu aspeto posteriormente à respetiva reabilitação.

O sistema de reparação pontual resume-se na aplicação de uma tela de fibra de vidro, que é embebida com resina de secagem rápida. Este conjunto é colocado com o auxílio de um obturador no local das fissuras. Como pode ser visualizado na figura seguinte, obturador é insuflado através de pressão de ar e mantém-se no local até à cura da resina que dura, dependendo da temperatura ambiente, aproximadamente uma hora.

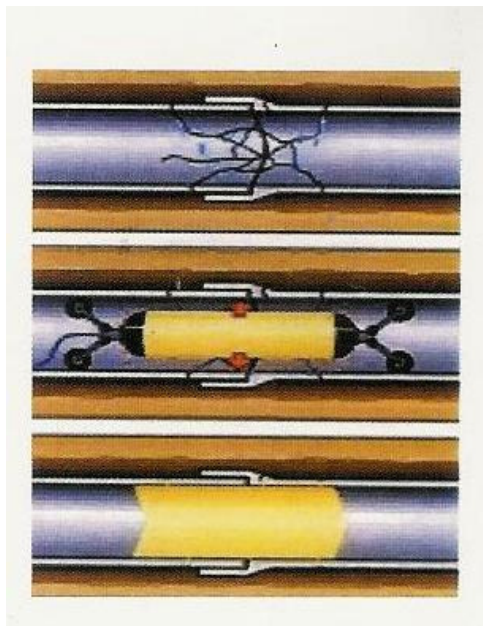


Figura 5.7: Imagem representativa do procedimento de reabilitação pontual realizada pela Limpa Canal.

Como se pode observar na figura anterior, a primeira fase é a deteção do dano e a sua respetiva distância à caixa, de seguida prepara-se a tela com a resina e coloca-se no lugar inicialmente determinado. Procede-se ao enchimento do balão, que fica nesse estado até se dar a reação, que quando terminada é despejado o ar do balão, ficando o dano reparado com a tela.

Reparação Continua

A Reparação Continua consiste no revestimento interno do coletor em todo o seu comprimento, isto é, desde a caixa de visita a montante até à caixa a jusante. É aplicada uma manga (*liners*) de poliéster (*vide* figura 5.8), revestida interiormente por poliuretano, embebida com resina epóxi. Depois de bem embebida com a resina este *liner* é invertido com pressão de água para dentro do coletor. A pressão necessária é criada através de uma coluna de água calculada para o efeito. A cura destes *liners* é feita através do aquecimento de água da inversão do *liner* a uma temperatura de pelo menos 40 °C.

Este tipo de cura permite uma moldagem justa da manga às paredes do coletor de forma a preencher fissuras, roturas e outros danos.

Após a cura, os *liners* são cortados à medida certa da seção e as ligações com as câmaras de visita são repostas com uma pasta especial. Neste período pode-se aproveitar a oportunidade a fim de sanear a caixa de visita.

Por fim, se existirem ramais domiciliários no respetivo troço (previamente localizados através da inspeção vídeo), procede-se à sua abertura através do robot de fresagem.

Na figura abaixo visualizamos uma situação de reabilitação continua onde a manga (branco) entrar no tubo que irá revestir as suas paredes interiores reparando os danos existentes.



Figura 5.8: Introdução da manga de revestimento no coletor.

CAPÍTULO 6. CONCEÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

6.1 Considerações sobre a viabilidade do sistema de tratamento proposto

Considerando o âmbito deste curso de Mestrado em Tecnologia Ambientais e os conhecimentos e as competências adquiridas, o estudo cingiu-se unicamente à sua viabilidade técnica.

A montante da solução proposta, poder-se-ia ter realizado um estudo de mercado abrangente a este setor. Por exemplo, seria útil uma abordagem tipo Análise SWOT à empresa e ao setor, realizando uma análise de cenário, útil para um melhor planeamento estratégico, perspectivado pontos fracos e ameaças e pontos fortes e oportunidades.

A jusante da solução proposta, não foi realizado qualquer estudo económico-financeiro do sistema proposto. Entre outros pontos, a este nível, importaria atender aos seguintes pontos:

- custos atuais de transporte, de tratamento e de deposição dos resíduos e possível desenvolvimento a médio prazo desta realidade;
- custos de investimento e operação do sistema;
- amortização do investimento e operação do sistema, rentabilidade do negócio;
- mais valias decorrentes da receção de resíduos similares de outras empresas.

O dimensionamento da solução proposta englobou uma capacidade de encaixe superior à produção actual de resíduos por parte da Limpa Canal, aproximadamente o dobro.

Esta capacidade instalada superior á produção atual de resíduos possibilita perspectivar o crescimento das atividades da empresa alargando o horizonte de projeto. Por outro lado, enquanto a produção da própria empresa o possibilitasse, atendendo ao mercado, este sistema poderia receber resíduos de outras empresas do setor ou afins, permitindo rentabilizar mais o sistema.

Saliente-se que a implementação de um sistema como o proposto, tenderia permitir um aumento significativo de competitividade da Limpa Canal relativamente à concorrência, pela eventual redução de custos de operação.

Para além de outras mais valias para a empresa, como uma maior autonomização de toda a cadeia ou a melhoria da imagem da empresa com uma solução inovadora, decisões estratégicas que pesam na decisão final do Projeto.

6.2 Critérios básicos para a conceção

De acordo com as características qualitativas e quantitativas dos diversos resíduos gerados pela Limpa Canal foi concebido um sistema de tratamento adequado.

Para a conceção deste sistema de tratamento, contrariamente ao que é comum para o tratamento de outros resíduos, p.e. águas residuais ou RSU, não foi possível consultar soluções nacionais ou internacionais já implementadas. De facto, a solução proposta é original não se conhecendo sistemas similares, i.e. sistemas dedicados de resíduos da manutenção e reabilitação de redes, limpeza de fossas sépticas e afins.

Para os diversos tipos de resíduos foram concebidas linhas de tratamento, que se integram entre si nalguns pontos.

Considerando as características dos resíduos diversas operações de resíduos são similares ao tratamento de outros tipos de resíduos mais comuns:

- similares ao tratamento de águas residuais, nomeadamente tratamento de lamas (i.e. resíduos de fossas sépticas) e areias (i.e. classificadores de areias);
- similares ao tratamento/gestão de RSU, no que se refere à compostagem e à gestão de RSU e resíduos recicláveis;
- similares a resíduos de construção civil.

Assim, nenhuma operação individualmente é original, sendo estas adaptações de soluções comuns para o processamento e tratamento dos referidos resíduos comuns.

Na conceção deste sistema de tratamento pretendeu-se adotar soluções relativamente simplificadas, mas de fiabilidade significativa, o que é inerente ao facto de, há muito, serem utilizadas nos referidos resíduos comuns.

Para cada tipo de resíduo foram identificadas as características fundamentais que deveriam ter um tratamento específico. Resíduos há que deverão apenas sofrer um armazenamento no sistema antes de um destino final adequado (p.e. RSU a entrar no sistema de coleta do aglomerado urbano onde se insere o sistema).

Ao nível económico (aí de um modo mais grosseiro) e ambiental a sustentabilidade foi uma premissa fundamental neste projeto.

Como destino final dos resíduos, privilegiaram-se soluções ambientalmente corretas de valorização. Assim, diversos resíduos deverão ser destinados a reciclagem (p.e. metais e plásticos), reaproveitamento em construção civil (p.e. equiparados a entulho e areias) ou aplicação agrícola (p.e. composto).

Nos pontos seguintes apresenta-se a conceção do sistema de tratamento, incluindo um pré-dimensionamento das principais estruturas. De facto, apenas se pretende avaliar a viabilidade técnica de implementar futuramente uma solução similar à proposta.

Na figura seguinte apresenta-se genericamente o fluxograma do sistema de tratamento de resíduos de redes de drenagens de águas residuais urbanas proposto para o caso em estudo.

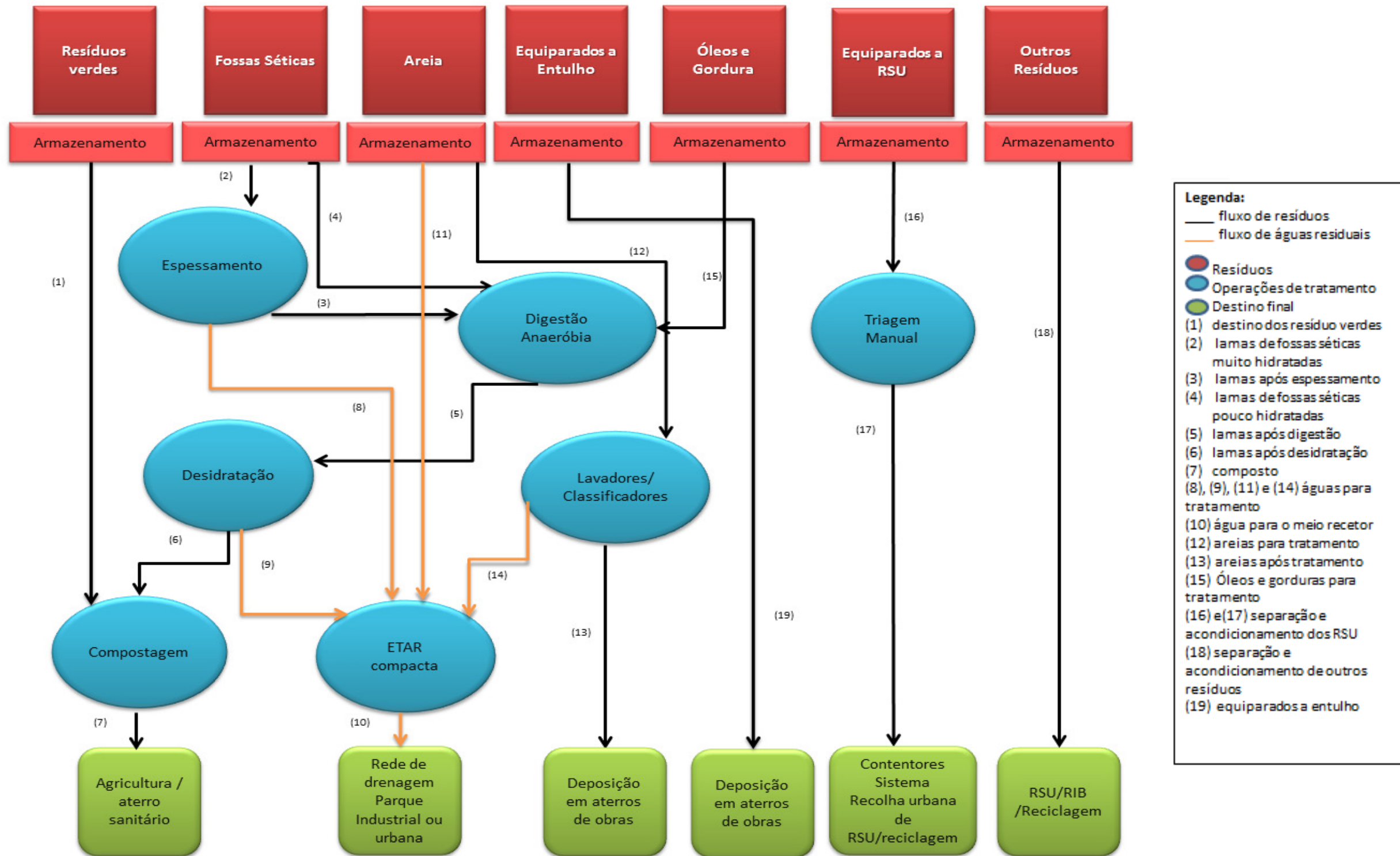


Figura 6.1: Fluxograma do sistema de tratamento de resíduos de redes de drenagens de águas residuais urbanas proposto para o caso em estudo.

6.3 Resíduos produzidos e seu processamento-tratamento

A caracterização geral qualitativa dos diferentes tipos de resíduos produzidos pela Limpa Canal já foi efetuada nos cap. 3.2 e 3.3.

Em relação à quantitativa, é um dado muito mais difícil de se obter, pois os serviços prestados Limpa Canal sofrem uma grande variabilidade de dia para dia, produzindo quantidades variáveis dos diferentes resíduos. Por outro lado, não é efetuado um registo sistematizado dos vários tipos de resíduos produzidos, muitos dos resíduos são de difícil quantificação na atividade diária da empresa.

Com base na experiência diária das atividades efetuadas, capacidades dos equipamentos e nalguns registos dispersos da empresa referentes ao ano de 2011, neste estudo, procurou-se estimar a quantidade máxima aproximada dos vários tipos de resíduos produzidos diariamente. Por exemplo para a estimativa dos resíduos de limpeza de fossa considerou-se o volume e circulação dos respetivos camiões cisterna.

Considerando a sua aplicação num estudo de viabilidade técnica do seu tratamento, incluindo cálculos de pré-dimensionamento de estruturas de armazenamento e tratamento, na estimativa dos resíduos produzidos procurou-se ter uma abordagem conservativa no sentido de estimar as quantidades produzidas por excesso.

6.3.1 Resíduos de Limpeza de Fossas Séticas

A limpeza de fossas séticas não é de todos os tipos de serviço prestado pela Limpa Canal o de maior procura, contudo, é o que gera o resíduo mais representativo a nível de quantidade produzida pois envolve sempre volumes elevados de resíduos, sempre muito hidratados e com estabilização incompleta. São assim os mais problemáticos ao nível do seu tratamento-destino final, devendo merecer a maior atenção.

Relativamente à estimativa dos resíduos produzidos na limpeza de fossas séticas, que tem como base o número de serviços prestados a este nível por dia em 2011, estima-se, por excesso, uma quantidade máxima de 30 m³ diários.

Como já foi referido no ponto anterior, para esta estimativa considerou-se o volume e registo diário da circulação dos respetivos camiões cisterna, além disso consideraram-se os dias de maior serviço prestado deste tipo, pois como já foi referido antes, este não é um dos mais solicitados. Nos dias de maior procura (em 2011), os camiões cisterna, com um volume de 9 a 10 m³, realizaram um máximo de 3 operações de limpeza de fossa, e como o volume das cisternas varia entre 9 e 10 m³, obtem-se a média atrás referida.

As lamas de fossas sépticas, ao chegar à estação de tratamento, deverão ser descarregadas num tanque de armazenamento/retenção. Este deverá operar igualmente como equalizador do caudal a afluir aos processos de tratamento. Este tanque deverá favorecer igualmente alguma homogeneização das características físico-químicas dos seus afluentes.

Este tanque deverá permitir o armazenamento de pelo menos dois dias de produção de resíduos, devendo ter uma capacidade mínima de 60m³, exigindo assim uma estrutura em betão armado. Atendendo à emissão de maus odores, este tanque terá de ser coberto, com extração e tratamento do respetivo ar.

Na conceção deste tanque e atendendo igualmente aos maus odores, deve ser dada igualmente atenção à metodologia de descarga e respetivos dispositivos, pelo que, será colocado num nível inferior à zona de circulação dos veículos para facilitar a descarga direta da cisterna.

Para a conceção do tratamento destes resíduos, considerou-se a sua elevada hidratação e estabilização incompleta na maioria das situações (*vide cap. 3.2*).

Como a hidratação é muito significativa, sugere-se o seu espessamento prévio num espessador gravítico ((2) na Figura 6.1.)

O sobrenadante do espessador, com elevada concentração de matéria orgânica biodegradável, entre outros parâmetros de poluição, deverá ser conduzido à ETAR compacta a implantar na instalação (8).

Alguns resíduos recolhidos, poderão estar já suficientemente desidratados para não passar pelo espessador, indo diretamente (4) para a fase seguinte do tratamento.

Para a estabilização complementar dos resíduos da limpeza das fossas sépticas, considerou a sua digestão anaeróbia (3).

Os resíduos digeridos deverão apresentar níveis elevados de hidratação devendo assim seguir para uma operação de desidratação (5).

Após esta, de um modo relativamente simplificado, os resíduos digeridos deverão ser sujeitos a compostagem (6). Neste processo dever-se-á verificar a sua mistura com outros resíduos, tendo em vista a obtenção de um composto agrícola valorizável.

6.3.2 Equiparados a Resíduos Sólidos Urbanos

Prevê-se uma produção diária reduzida de resíduos equiparados a RSU. Com base na experiência da Limpa Canal e nos seus registos, prevê-se um volume diário aproximado a 1 m³. Atendendo à sua natureza, estes resíduos poderão ser armazenados convenientemente em contentores similares aos contentores de recolha de RSU, com uma volumetria aproximada de 1000L. Assim, o sistema de tratamento deverá ter 2 contentores deste tipo.

De seguida, os RSU são submetidos a uma triagem manual (16) pois o volume de resíduos não justifica uma triagem mecânica. Assim sendo, os passíveis de reciclar são encaminhados para reciclagem, com a instalação de contentores similares a contentores de recolha seletiva urbanos, diferenciados para o efeito. Os restantes RSU, de expressão muito reduzida que não justifica um sistema dedicado, são dirigidos para o sistema urbano de recolha de RSU (17). Refira-se que no concelho de Viseu os RSU são encaminhados para o Aterro Sanitário do Planalto Beirão.

6.3.3 Areia e Sólidos Inertes

A Areia e os Sólidos Inertes, como já foi dito em capítulo anterior, poderão conter diferentes níveis de matéria orgânica conforme se trate de um coletor de águas residuais ou pluviais ou até misto. No exemplo apresentado na figura 6.2 onde estão a ser descarregadas as areias resultantes da limpeza de colectores, é possível observar a cor escura que as areias possuem devido à presença de matéria orgânica. Este é um facto que nos indica a necessidade de lavagem prévia das areias, para eliminar a matéria orgânica e consequentemente uma desidratação posterior reduzindo assim o seu peso final característica economicamente importante para deposição em aterro e com composição adequadas para este fim ou para reutilização em obras de construção.

Tendo em conta o volume médio diário deste resíduo no ano de 2011, estima-se uma produção média de 5 m³.

Estas areias deverão ser descarregadas num contentor de armazenamento específico, mas à semelhança dos outros contentores, a um nível inferior ao de circulação pois como se pode verificar na figura abaixo, as paredes do contentor não poderão ser mais altas que a altura da comporta da cisterna, isto é, terá de ficar com altura mínima à descarga direta da cisterna para evitar trasfega manual como na figura seguinte.



Figura 6.2: Exemplo de uma descarga de areias em local desapropriado e em contentor inadequado.

Sólidos inertes de maior dimensão deverão ser dirigidos aos resíduos não biodegradáveis equiparados a entulho.

O contentor de armazenamento de areias (de estrutura metálica pré-fabricada) deve ser adequado a uma elevada produção de escorrência destes resíduos usualmente muito hidratados. O fundo deverá ser em crivo, permitindo drenar alguma água, diminuindo igualmente o volume e massa de areias. A sua capacidade deverá ser de aproximadamente 10m³. As águas das escorrências deverão ser encaminhadas para a ETAR compacta (14).

Estes resíduos são na sua grande maioria pesados e constituídos por material inorgânico como, areia (propriamente dita), pedras, cascalho, filtros de cigarro, fragmentos metálicos, plásticos, pedaços de vidro e também algum material orgânico como conchas, ossos, espinhas, restos de comida óleos e gorduras. Este facto justifica a introdução do lavador/classificador de areias no sistema (12).

Esta operação para além de permitir uma lavagem, permite igualmente uma desidratação da areia, com a consequente estabilização e redução de volume e massa.

As areias lavadas e desidratadas deverão ser encaminhadas para aterros de obras (13). Estas areias inertes poderão ser misturadas com os resíduos não biodegradáveis equiparados a entulho.

As águas resultantes da lavagem no lavador/classificador são enviadas para a ETAR compacta (14).

6.3.4 Óleos e Gorduras

As gorduras são misturas de restos orgânicos, óleos alimentares, féculas, que ficam acumulados nas câmaras de retenção, em separadores de gorduras ou em caixas de retenção de gorduras e que são recolhidas aquando das limpezas das tubagens.

A quantidade destes resíduos estima-se em 10 m³ diários que poderão ser tratados através de digestão anaeróbia.

O sistema dever ter instalado um tanque de armazenamento de óleos e gorduras. Em face do tipo de resíduo, evitando a construção de estruturas pesadas, privilegiando a modularidade/adaptabilidade do sistema de tratamento, poderão ser implantados contentores de grandes dimensões com uma capacidade aproximada a 20 m³.

O tratamento preconizado para as gorduras e óleos alimentares é o tratamento biológico, quer tenham origem em cozinhas, refeitórios ou empresas de transformação que na sua natural laboração produzem resíduos gordurosos, quer tenham origem na acumulação das paredes interiores dos coletores que recebem águas residuais domésticas e que são submetidos a limpeza.

Os Óleos e Gordura usualmente rececionados pela Limpa Canal apresentam-se muito contaminados por outro tipo de resíduos/compostos químicos de outra natureza pelo que não são propostos para outras valorizações superiores (p.e. produção de biodiesel e aditivos para cosmética) como é comum nos óleos alimentares usados recolhidos diretamente na cozinha sem mistura com águas residuais, serviço realizado por diversas empresas.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de uma camara de retenção de gorduras onde se está a proceder à aspiração da mesma, podendo observar-se o seu aspeto e estado físico.



Figura 6.3 – Figura representativa da aspiração de gorduras de uma camara de retenção de gorduras.

Assim, no sistema proposto, os óleos e gorduras são integradas no digestor anaeróbio (15) em simultâneo com as lamas de fossas onde são submetidas a degradação biológica até à estabilização. Posteriormente seguem os mesmos processos juntamente com as lamas de fossas sépticas (5, 6, 7, 9 e 10).

6.3.5 Outros Resíduos Não Biodegradáveis

Na atividade corrente da Limpa Canal não são geradas quantidades significativas deste tipo de resíduos, estimou-se uma quantidade aproximada de 1m³.

Os resíduos equiparados a entulho deverão ser armazenados em contentores trapezoidais de grande capacidade (4 ou 10m³) até se perfazer a totalidade do seu volume e posteriormente serem enviados para aterro de obras (19) ou outras operações de aproveitamento de resíduos de construção civil.

Os restantes resíduos (*vide* cap. 3.3.5), deverão ser encaminhados para a recolha seletiva, quando possuírem potencial de reciclagem, ou destinado a um encaminhamento como RSU ou RIB (18).

Na figura a baixo encontramos um exemplo de resíduo não biodegradável produzido pela empresa em estudo e que deverá ser encaminhado para reciclagem após desmantelamento. Tratam-se de mangueiras que são usadas na limpeza com água a alta pressão, denominadas mangueira trançada têxtil, e como o próprio nome indica são constituídas por uma camada de trançada têxtil e duas de borracha, uma camada interna e outra externa que poderão ser encaminhadas para reciclagem.



Figura 6.4 – Exemplo de resíduos não biodegradáveis produzidos pela empresa em estudo – mangueiras em fim de vida.

6.3.6 Resíduos Verdes

Os resíduos verdes encontrados na manutenção de redes de drenagem (folhas de árvores, raízes, ramos e restos de jardinagem) são recolhidos em reduzida quantidade (estimativa de 1 m³) pela Limpa Canal.

Estes resíduos deverão ficar armazenados no respetivo contentor (novamente pré-fabricado) de 5m³ fechado para evitar atrair insetos e possíveis maus odores, por um período de tempo até que seja oportuno o seu processamento.

Atendendo à sua natureza complementar com os resíduos digeridos (6), os resíduos verdes são ideais serem integrados no processo de compostagem (1).

6.4 Órgãos de Tratamento

6.4.1 Espessadores de Lamas

Considerando o tipo de resíduos a receber, essencialmente partículas sólidas granulares, com reduzida floculação (a que deverá corresponder uma sedimentação sobretudo do Tipo 1 e do Tipo 4), concebeu-se um espessador gravítico.

O espessador serve essencialmente para enriquecer o sólido, isto é, para reduzir a humidade. Trata-se de um equipamento com grande rendimento (redução máxima de humidade de 88%), com alta remoção de sólidos e ótima qualidade do clarificado além de ter a grande vantagem de baixos custos de operação e manutenção.

As lamas provenientes de fossas sépticas, como são muito hidratadas, antes de qualquer outro tratamento deverão ser submetidas a espessamento, pois a redução de volume obtida permite diminuir os custos associados a tratamentos posteriores a que serão sujeitas, através da redução da capacidade dos tanques e do equipamento requerido, dosagem de químicos, entre outros.

Este órgão atua também como equipamento de mistura, equalização e armazenamento.

O efluente a ser espessado é encaminhado por um tubo ou calha de alimentação até ao poço de alimentação, de modo a permitir a decantação dos sólidos sobre toda a área do fundo do tanque enquanto o líquido clarificado transborda por uma calha periférica de onde é retirado da unidade.

Os sólidos sedimentados no tanque são movimentados em direção ao cone central de descarga (*vide* figura 6.3), por meio de lâminas raspadoras especiais, fixas na parte inferior dos braços raspadores, que em geral são dois.

Estes sólidos decantados são então retirados do tanque por bombeamento, na forma de lamas e seguem para o órgão seguinte, neste caso o digestor anaeróbio.

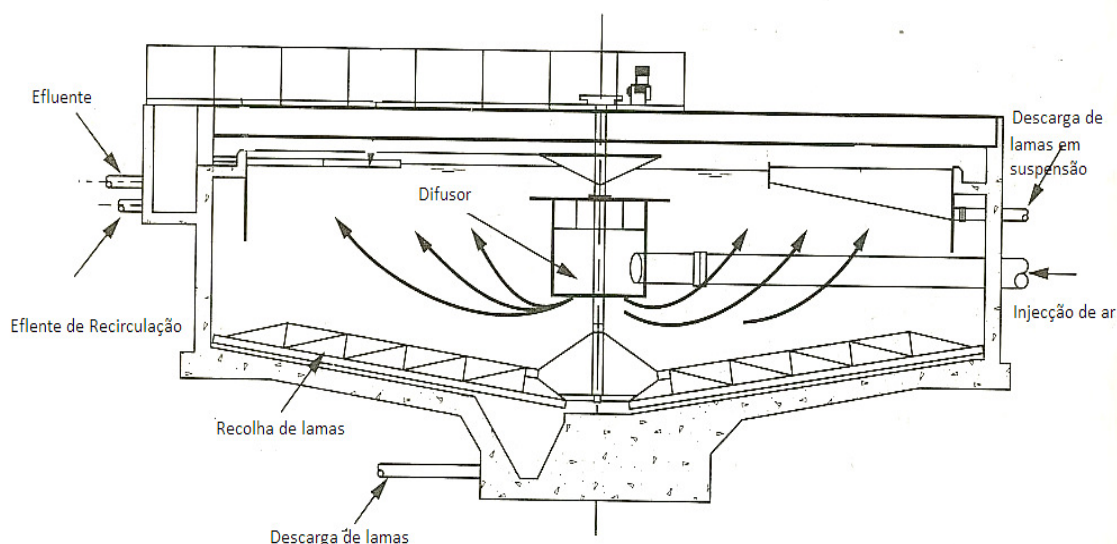


Figura 6.5: Esquema representativo do funcionamento de um espessador de lamas - adaptado de Metcalf & Eddy, 2003.

Atendendo ao elevado potencial de produção de odores, o espessador deverá ser coberto, devendo ser o ar extraído e tratado.

6.4.2 Digestor Anaeróbio

Para complementar a estabilização dos resíduos efluentes das fossas sépticas (na maioria das situações com elevado potencial poluidor) propõe-se a implementação de um digestor anaeróbio como o representado na figura 6.6.

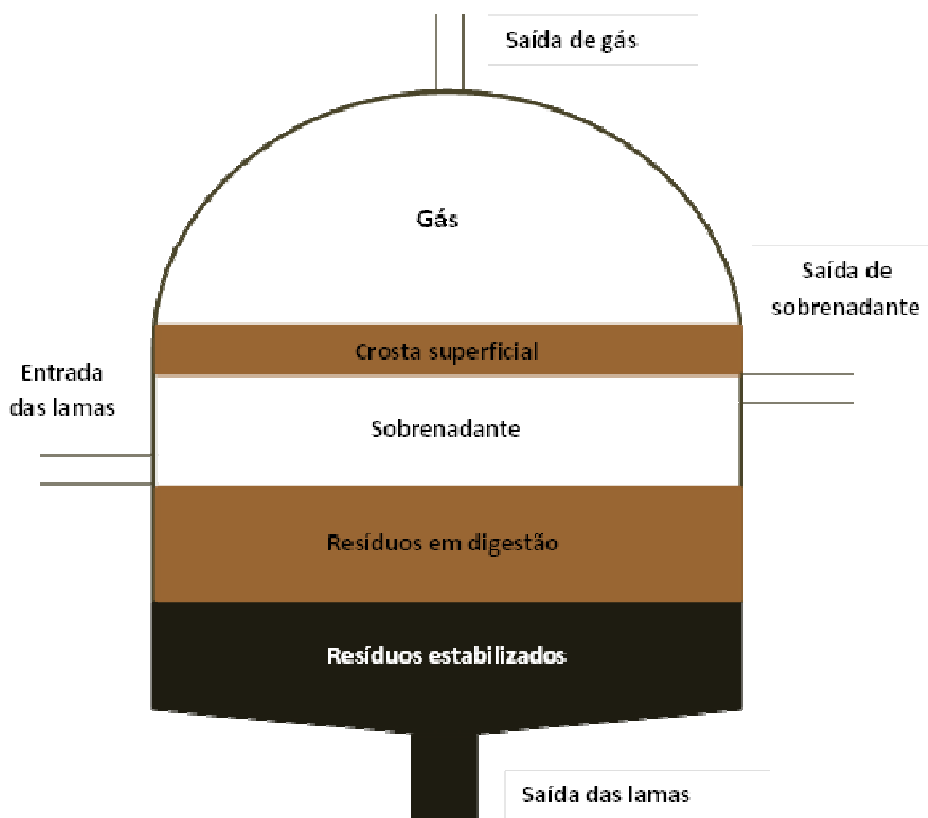


Figura 6.6: Esquema representativo de um digestor anaeróbio.

Como foi exposto anteriormente e como demonstra a figura acima, este tipo de digestor é de funcionamento muito simples e sem necessidade de se manterem condições específicas de funcionamento nem necessidade de monitorização constante e mais económico em relação a outros.

Estes factos foram determinantes aquando da opção tomada na escolha do digestor, pois além das razões apresentadas anteriormente, um digestor anaeróbio de mistura completa e aquecido, com recuperação de biogás e cogeração acoplada, tendente à produção elétrica, não se justificava neste sistema com base na seguinte justificação:

- reduzido potencial energético (no que à produção de biogás se refere), incluindo grau de estabilização dos resíduos;
- elevada variabilidade quantitativa e qualitativa dos resíduos;
- facilidade e fiabilidade de operação;
- contenção de custos de investimento;

Assim, concebe-se um digestor anaeróbio simples, a frio, sem mistura, com alimentação descontínua (*vide* figura 6.6). O tempo de retenção hidráulico varia entre os 30 e os 60 dias.

Eventualmente, sobrenadante líquido formado no digestor, deverá ser enviado para a ETAR compacta a implantar no sistema de tratamento.

A este reator, numa percentagem reduzida atendendo à quantidade recolhida e aos efeitos que poderiam ter, também deverão afluir os óleos e gorduras.

Considerando o impacte ambiental das emissões gasosas libertadas pela digestão anaeróbia, nomeadamente pelo metano (aproximadamente 50% no biogás), este deverá ser queimado a dióxido de carbono (gás com significativamente menos efeito de estufa); pelo que deverá ser instalado o respetivo queimador.

6.4.3 Desidratação

A lama quando sai do digestor ainda contém muita água, pelo que é submetida a desidratação para diminuir significativamente o volume removendo a água ainda presente.

O método selecionado, entre os vários apresentados no Cap. 3.4.2, é a desidratação através de centrifugação.

Este é um método de desidratação, relativamente recente, mas muito fiável, já com larga implementação em sistemas de desidratação de lamas a jusante da digestão anaeróbia de lamas. Face a outras soluções, apresenta como vantagens o reduzido espaço ocupado, tempo de desidratação muito curto, reduzida libertação de maus odores, elevada eficiência com hidratações finais de 50 a 80% (facilitando o estabelecimento desta para a realização de compostagem a jusante) e é de fácil operação.

6.4.4 Compostagem

Para o sistema em conceção propõe-se a compostagem das lamas efluentes do digester anaeróbio (após desidratação) em mistura com os resíduos verdes. A opção por este processo foi devido às características do mesmo já apresentadas anteriormente, e atendendo ao facto de existir grande variabilidade dos resíduos e que se encontrarem já numa fase de maturação não são propícios à produção de maus odores.

Esta mistura de resíduos é muito complementar/sinérgica potencializando o processo de compostagem. Na operação diária do sistema, deverá ser estimada a percentagem de mistura entre as lamas e os resíduos verdes, tendente a uma boa operação.

As lamas digeridas, para além de matéria orgânica próxima da estabilização completa a compostos húmicos, conferem a humidade necessária ao processo (próxima de 60%), elevadas concentrações de azoto.

Os resíduos verdes, relativamente secos, apresentam elevada concentração de carbono (sobretudo de natureza celulósica) regularizando a relação carbono/azoto a valores próximos de 30 (os ideais para a compostagem), servem de agente bulking para um melhor arejamento e distribuição de temperatura. Com efeito, deverá ser equacionado o seu estilhaçamento, sobretudo os de maior dimensão, para potencializar a sua função bulking. Contudo, neste tipo de tratamento poderão ser incorporados outros resíduos que surjam ocasionalmente ou resultantes da manutenção do local de implementação do sistema. Como por exemplo, os materiais lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira e o serrim, as podas dos jardins, folhas e agulhas das árvores, palhas e feno, folhas verdes, estrumes animais, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, entre outros, isto é, sempre que possível serão misturados materiais com características diferentes mas tendo em conta a granulometria e características físico-químicas ajustadas para produzir uma mistura mais adequada.

Prevê-se a implementação de uma compostagem natural em pilha, sem aplicação de órgãos complementares de arejamento ou reviramento, atendendo à seguinte justificação:

- características dos resíduos afluentes;
- facilidade e fiabilidade de operação;
- contenção de custos de investimento.

Considerando o grau de estabilização dos resíduos, esta compostagem deverá estar próximo da Fase Ativa comum, aproximando-se em muito às características de uma Fase de Maturação. Assim, os reviramentos/arejamento e correção da humidade deverão ser reduzidos e não está prevista a realização de uma maturação efetiva/independente do composto.

O local escolhido para este tratamento deve considerar o espaço de manobra para máquinas para revolver a pilha periodicamente e para o seu comprimento. Além disso, a zona de compostagem deverá prever uma cobertura de zinco para impedir a lixiviação de nutrientes pela ação da chuva e a exposição direta ao sol e ao vento para minimizar a desidratação.

O local da pilha é em zona de terra, ou seja, não é num local impermeável à água, onde está previsto também uma boca de água para satisfazer as necessidades de humidade.

Através deste processamento, atendendo às características dos tratamentos e tipos de resíduos, espera-se que o composto final (adubo orgânico) com elevado potencial de aplicabilidade agrícola, devendo apresentar:

- cor negra;
- odor a terra humificada;
- hidratação reduzida;
- elevada concentração de matéria orgânica (próximo dos 50%), estabilizada, incluindo ácidos húmicos e fúlvicos;
- concentração agronomicamente significativa nos nutrientes azoto e fósforo;
- reduzida concentração em metais pesados.

Para viabilizar este uso, têm de ser realizadas análises físico-químicas periódicas para avaliação do seu potencial agronómico e o cumprimento do estabelecido no Decreto – Lei nº118/2006 de 21 de Junho, que identifica os valores limite de concentração de metais pesados em lamas destinadas à agricultura.

Sem o cumprimento cabal da referida legislação, a valorização deste resíduo estabilizado fica inviabilizada, devendo ter outro destino final como o aterro sanitário.

6.4.5 Lavador/classificador de areias

O processo de tratamento das areias terá que começar com o correto armazenamento, isto é, deverão ser devidamente acondicionadas enquanto aguardam pelo tratamento pois a matéria orgânica que possuem propiciam a proliferação de maus odores e insetos.

O tratamento propriamente dito, consiste na submissão da areia a um classificador de areias, onde se processa a sua lavagem, remoção da matéria orgânica existente e a redução do teor de humidade. O classificador de areias permite extrair as areias do sistema praticamente sem água, o que leva à redução do volume de areias a transportar para destino final, minimizando custos de transporte e de deposição.

Este processo consta na lavagem da areia através de um fluxo de água em contracorrente e é empurrada até á extremidade superior do classificador por meio de um parafuso sem-fim, sem veio, colocado no interior e apoiado no fundo do canal, revestido com um material plástico de atrito reduzido.

Uma vez lavada a areia será descarregada através de uma boca de descarga, por baixo da qual será posicionado um contentor de recolha ou uma tela transportadora para o escoamento sucessivo da areia extraída.

A saída da água por gravidade é regulada por descarregadores apropriados de altura regulável e através de uma boca de descarga.

O sem-fim é suportado por uma chumaceira especial colocada na parte inferior devidamente protegida da areia e, por um suporte na parte superior com ligação para redutor. E poderá ser dotado de um sistema de descarga e com cobertura anti-cheiro ou anti-gelo.

Estes classificadores/lavadores de areias permitem uma elevada eficiência de separação das partículas de areia entre 0,2 a 0,5 mm.

Atualmente existem no mercado vários tipos de classificadores de areias, cuja diversidade de designs e tecnologia permite escolher o equipamento que mais se adapta a cada instalação. Os classificadores com arejamento na tremonha e lavagem de areias ao longo do parafuso transportador permitem obter eficiências de remoção de matéria orgânica mais elevadas e, conseqüentemente, areias com qualidade sanitária superior.

A água da lavagem será encaminhada para a ETAR compacta e as areias para aterro caso não se consiga a sua reutilização (eventualmente misturadas com os resíduos equiparados a entulho da construção civil), porque apesar de não serem vistas como tal, as areias podem ter um forte potencial de reutilização uma vez que são constituídas maioritariamente por material inerte.

6.4.6 ETAR compacta

Como já foi referido ao longo do presente capítulo, diversas operações de processamento/tratamento dos resíduos no sistema proposto produzem águas residuais efluentes:

- Escorrências do armazenamento de areias e eventualmente outros resíduos na fase de armazenamento ou receção;
- Sobrenadante líquido do espessamento;
- Sobrenadante líquido do digestor anaeróbio;
- Efluente da desidratação;
- Efluente do lavador/classificador de areias.

Às águas referidas também deverão ser acrescentadas as águas residuais inerentes a outras operações correntes neste tipo de instalações, refiram-se:

- Águas residuais equiparadas a domésticas do edifício de apoio (inclui WC e balneários);
- Águas de lavagem de equipamento, p.e. camiões;

- Águas de lavagem das instalações, incluindo o cuidado extremo que se deve verificar no impedimento da formação de incrustações de sujidades (passíveis de emitir facilmente maus odores) nos diferentes órgãos de tratamento.

A água residual das diferentes origens tenderá a apresentar níveis de poluição significativos, p.e. ao nível de SST, CQO e CBO₅. A natureza desta água residual deverá ser muito biodegradável, sem concentrações significativas de metais pesados ou outros parâmetros inibidores do seu tratamento biológico.

Apesar de se aproximar da natureza das águas residuais domésticas deverá apresentar uma concentração de poluentes muito superiores a estas. Considerando que a concentração ao nível de CBO₅ deverá ultrapassar os 500 mg O₂ / L, não é usual a sua admissão direta num coletor municipal ou de um parque industrial com ETAR coletiva, pelo que, se perspetiva neste projeto, a instalação de uma ETAR compacta, servindo de pré-tratamento antes da descarga da água residual num coletor afluente a uma ETAR (coletiva ou municipal).

A ETAR compacta (pré-fabricada, podendo ser implantada enterrada) foi a opção mais prática tendo em conta o seu simples funcionamento, devendo ter contudo, fases de tratamento primário e secundário. Além disso, ocupa pouco espaço e tem alto rendimento de eficiencia. No mercado do setor são encontradas diversas soluções de custo reduzido obedecendo a estas premissas.

A água residual de uma das operações, do seu conjunto ou efluente da ETAR compacta, deverá abastecer a hidratação na compostagem.

Também será interessante avaliar a reutilização do efluente da ETAR no sistema de rega das instalações e eventualmente noutros usos.

A poupança do consumo de água à semelhança de outras práticas – p.e. a poupança energética, a reciclagem, tratamento-redução de odores ou a utilização do próprio composto – as boas práticas ambientais, em paralelo ao enquadramento arquitetónico-paisagístico (essencialmente em termos de ajardinamentos) deverão ser paradigmáticas num sistema deste tipo que trata resíduos.

6.4.7 Tratamento de Odores – Desodorização

Devido à natureza dos produtos tratados, o sistema proposto, será certamente, uma fonte de maus odores. Estes odores, na sua maioria bastante desagradáveis, têm as suas origens nos gases ou vapores, emanados por certos produtos contidos nos resíduos, ou provenientes das transformações efetuadas no decurso do tratamento, dependendo da carga orgânica, da concentração em oxigénio dissolvido, da temperatura, pH e tempo de retenção hidráulico.

Independentemente do local de implementação do Projeto, esta é uma questão que não se pode negligenciar pois a decomposição da matéria orgânica, e situações de mistura incompleta no digestor e noutros pontos do sistema poderão ocorrer com frequência.

Neste sentido, e tendo em conta as características do método por adsorção expostas anteriormente, este é o método adotado para tratamento dos maus odores libertados no digestor anaeróbio e noutros órgãos fechados como o espessador e eventualmente nos tanques de armazenamento.

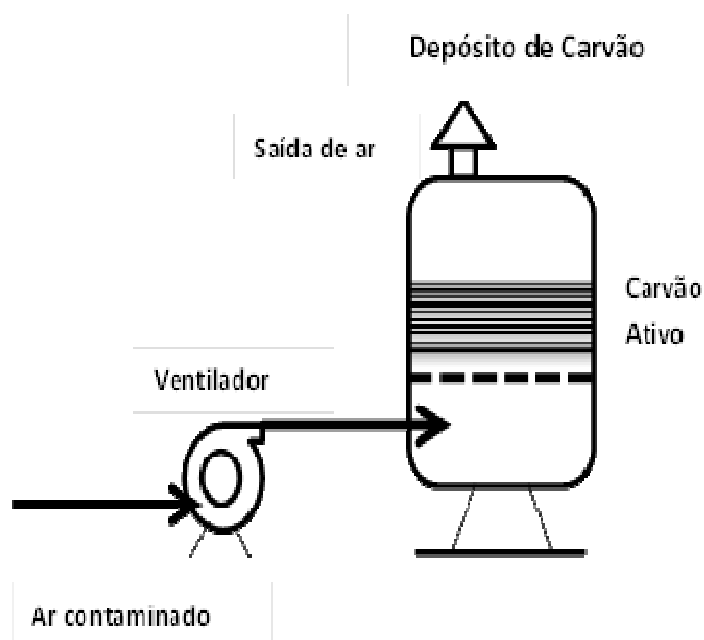


Figura 6.7 – Esquema representativo do sistema adotado para o tratamento de odores - método por adsorção (adaptado de Paing *at al*, 2001).

Como se pode ver na figura 6.6, a recolha do ar contaminado é feita através de tubagens instaladas no topo do digestor e outros órgãos, que contêm grelhas de aspiração e exaustores onde passa por carvão ativado antes de ser libertado para a atmosfera.

6.5 Pré-dimensionamento e implantação do sistema de tratamento

Considerando os objetivos do presente Projeto, neste capítulo pretende-se estimar apenas a ordem de grandeza dos diferentes órgão a implementar.

A base para estes cálculos foram as estimativas de resíduos a rececionar por cada estrutura e consideraram-se ainda critérios de dimensionamento similares aos utilizados no tratamento de lamas de ETAR (p.e. espessador gravítico), com base no tempo de retenção hidráulico (p.e. digestor) ou com base nas diferentes propostas de fornecedores de equipamentos pré-fabricados (p.e. espaço de implantação da ETAR compacta).

Numa perspetiva conservadora adotaram-se fatores de segurança relativamente elevados, ao nível da estimativa dos resíduos a tratar e de critérios de dimensionamento. Para um dimensionamento numa fase já de projeto a implementar verdadeiramente a estimativa dos resíduos para o horizonte de projeto, os critérios de projeto/dimensionamento, a procura de diferentes soluções de equipamentos pré-fabricados e todos os cálculos subjacentes, deveriam merecer um rigor muito superior.

Refira-se ainda que no dimensionamento dos órgãos hidráulicos, mormente espessador e digestor anaeróbio, não é considerada vertente de hidráulica e estrutural em termos de engenharia civil. Assim os valores apresentados, ainda que imbuídos de fatores de segurança significativos, referem-se a um dimensionamento funcional.

A inadequação entre as bases de dimensionamento e os resíduos e cargas efetivamente afluentes ao sistema pode comprometer o bom funcionamento do processo de tratamento, pelo que, deverá ser feita uma análise para cada órgão de tratamento.

Neste enquadramento, o princípio de dimensionamento terá que compreender o tratamento de resíduos considerando todas as entradas estimadas (mais 50 % da média diária atual) tendo em conta que a longo prazo essa situação se poderá alterar pelo que a estratégia deverá estar no armazenamento.

Desta forma, e para rentabilizar o sistema, o armazenamento deverá assegurar a capacidade máxima do sistema respondendo a pontuais situações de maior procura, enquanto os órgãos de tratamento deverão estar em funcionamento na sua capacidade máxima e deverão ser dimensionados para a média diária prevista.

No capítulo anterior determinou-se a quantidade diária atual dos resíduos que resultam da atividade da empresa. Contudo, o dimensionamento do sistema de tratamento deverá ter em conta o horizonte de Projeto, ou seja, a tendência do mercado nesta área, pois estas quantidades poderão não ser as mesmas no decorrer dos 20 anos.

A tendência do mercado nesta área é para aumentar a procura pois apesar da conjectura atual, este tipo de resíduos vai sempre existir e a legislação exige que sejam depositados em local licenciado, desta feita, não poderão ser largados no meio ambiente sob pena de elevadíssimas coimas além dos impactes ambientais que isso acarreta.

Neste contexto, o dimensionamento do sistema deverá contemplar o aumento dos resíduos produzidos pela empresa mas também a procura por terceiros, isto é, as empresas do ramo (concorrentes) serão uma mais-valia no sentido de rentabilizar o investimento efetuado.

Neste enquadramento elaborou-se um quadro com as dimensões de cada órgão baseado nas quantidades existentes e prevista para a totalidade do sistema, tendo em conta que se prevê um aumento para o dobro de todos os resíduos.

Os resíduos verdes, equiparados a entulho, equiparados a RSU e outros resíduos, são resíduos que têm pouco significado pois são recolhidos em quantidades muito reduzidas, pelo que, se considerou um tanque de 5 m³ para cada um. Estes tanques de receção/armazenamento poderão ser fechados caso seja necessário, e poderão ser despejados conforme a necessidade de cada, já que, não dependem de tratamentos específico, ou de outro tipo de resíduos para se efetivar o respectivo tratamento, com exceção dos resíduos verdes, mas em relação à quantidade de lamas previstas não serão limitantes para o tratamento, neste caso a compostagem.

No que se refere às lamas foi considerado um tanque de armazenamento/receção de 30 m³, pois apesar de se estimar um aumento para o dobro, o tempo de retenção hidráulico (TRH) do espessador é de 3 horas, logo o tanque poderá ser esvaziado no fim desse período.

O espessador foi projetado na mesma linha de pensamento, ou seja, para um volume de 30 m^3 (*vide* tabela 6.1), pois após o TRH as lamas são encaminhadas para o digestor e o espessador poderá receber mais lamas.

Tabela 6.1: Tabela com os dados referentes ao dimensionamento do espessador.

Lamas de fossas sépticas		Volume do espessador
Volume máximo diária em 2011	30 m^3	30 m^3
Volume máxima estimada no horizonte de projeto	60 m^3	
Volume máximo no espessador	30 m^3	
Tempo de retenção hidráulica (TRH)	3 horas	
Volume estimado de efluente após TRH	30 m^3	

Como se pode observar na tabela acima, após o TRH as lamas à saída do espessador deverão apresentar aproximada uma redução de 50% do volume inicial afluyente e até 80% de redução de humidade inicial, o que faz prever um volume máximo diário de lamas a sair do espessador de 30 m^3 , contudo o espessador deverá ter apenas 30 m^3 tendo em conta o seu TRH, e a entrada descontinuada no sistema ao longo do dia.

Neste enquadramento, o digestor anaeróbio deverá obedecer ao volume máximo de 1500 m³ pois os óleos e gorduras também serão adicionados ao digestor (vide tabela 6.2), pelo que, perfaz o volume necessário para o espessador.

Além disso, este órgão poderá ser abastecido de 2 a 3 vezes por dia e como necessita de tempo de retenção hidráulica de aproximadamente 30 dias ou menos (atendendo à pré-estabilização significativa das lamas espessadas afluentes) será necessário o volume acima referido. Após digestão, as lamas serão encaminhadas para desidratação (centrífuga). O gás produzido será queimado á saída por um queimador de gás, pois dado a grande variabilidade em quantidade do resíduo e a carga de matéria orgânica não teria rendimento para aproveitamento de biogás.

Tabela 6.2: Dimensionamento do digestor.

	Lamas de fossas séticas	Volume estimado proveniente do espessador	Óleos e gorduras	Volume do digestor
Quantidade estimada em 2011	30m ³	15m ³	10m ³	1500m ³
Quantidade estimada no horizonte de projeto	60m ³	30m ³	20m ³	

As lamas provenientes do digestor como ainda carecem de desidratação prévia à compostagem, e pelos motivos enunciados anteriormente optou-se por uma centrífuga. Para responder às necessidades estimadas e atendendo à vasta oferta no mercado será suficiente uma centrífuga com capacidade mínima aproximada de 13 m³/h que apresentará uma dimensão 2300x900x1120 mm (LxCxH).

No que se refere às areias um contentor de 10m^3 é o suficiente para o armazenamento, já que o seu sistema de tratamento não é muito demorado e poderá ser encaminhado para o lavador/classificador sempre que necessário. Contudo é importante privilegiar a escorrência das águas, pelo que, se dimensionou um contentor perfurado.

Após tratamento estas areias poderão ser armazenadas em contentor trapezoidal como o exemplo da figura abaixo (de 10 m^3), visto que, já não serão foco de maus odores poderão ficar no contentor até perfazer o seu volume máximo para posterior destino final ficando já acondicionado para o transporte pois é feito nestes contentores.



Figura 6.8 – Exemplo de contentor trapezoidal onde deverão ser acondicionadas as areias após tratamento para encaminhamento final.

Quanto ao lavador/classificador as opções disponíveis no mercado e para responderem ao volume esperado indicam capacidades próximas dos $30\text{ m}^3/\text{h}$ de capacidade e que apresenta $3255 \times 3000 \times 2690\text{ mm}$ (CxLxH) de dimensão.

A ETAR compacta como vai receber várias águas de escorrências, água do espessador, da centrífuga, do digestor, e WC deverá ter um volume mínimo de $4\,000\text{ l}$. Esta ETAR é constituída por duas zonas distintas, o reator biológico e decantador onde se prevê um rendimento próximo dos 90% , ou seja, após este tratamento já poderão ser encaminhadas para o colector municipal.

Com efeito, apresenta-se um quadro de seguida que resume a quantidade de resíduos esperados e respetivo órgão de tratamento associado numa perspetiva geral do sistema.

Tabela 6.3: Quadro resumo de quantidades de resíduos, respetivas quantidades e órgãos associados.

	Quantidade atual (m³)	Quantidade prevista (m³)*	Dimensão (m³) do órgão	Órgão de tratamento
Resíduos verdes	1	2	5	Contentor fechado
Lamas de fossas sépticas	30	60	30	Tanque de armazenamento
			30	Espessador
			1500	Digestor anaeróbio
Óleos e Gorduras	10	20		
Areias	5	10	10	Contentor perfurado
Equiparados a RSU	1	2	5	Contentor fechado
Equiparados a entulho	2	4	5	Contentor
Outros Resíduos	1	2	5	Contentor

*quantidade estimada para o horizonte de projeto (20 anos).

O projeto prevê uma área total aproximada de 3850 m² para implementação de todo o sistema, sendo que, além do sistema de tratamento também está contemplado um pequeno edifício de apoio com um gabinete, WC, balneários e um armazém.

O local mais apropriado para este tipo de atividade será numa zona industrial, mas que de qualquer forma, à volta de todo o terreno seria implantada barreira vegetal para camuflar possíveis maus odores e integrar paisagisticamente o Projeto sem “colidir” com empresas vizinhas.

A viabilidade do Projeto passa também pela sua exequibilidade prática, isto é, foi necessário ter em conta a área ocupada pelos veículos transportadores dos resíduos (veículos pesados de 2,5 m de largura média) para poderem circular no recinto e alcançar todas as plataformas de descarga respetiva ao resíduo transportador, assim como, a altura do reservatório de descarga/armazenamento não poderá ser superior à altura da cisterna levantada para se poder proceder ao esvaziamento da cisterna mais rápido e mais facilmente possível e efetuar a sua lavagem sem dificuldades.

Todos os acessos dentro do recinto serão impermeabilizados, à exceção da zona de compostagem, para evitar contaminações em caso de derrames ou em caso de fuga de água de lavagem da cisterna e existirão calhas de receção que encaminharão esses líquidos para a ETAR. Obviamente que um sistema destes também terá de contemplar uma balança “báscula”, para se poder quantificar os resíduos a tratar e, se for o caso, para apresentar ao produtor para o respetivo pagamento.

Assim sendo, apresenta-se na figura seguinte uma planta exemplificativa do sistema de tratamento de resíduos obtido como resultado das considerações anteriores.

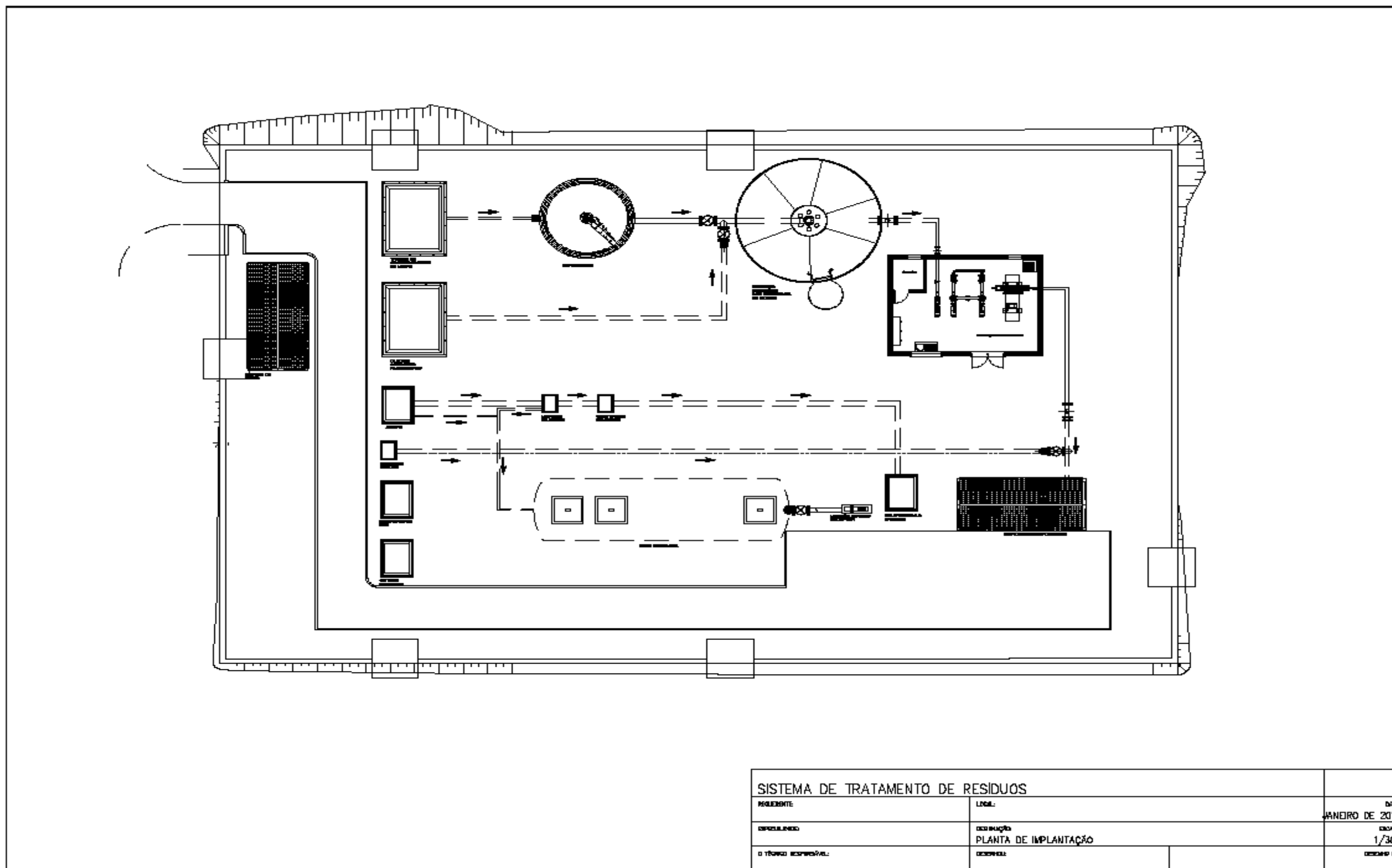


Figura 6.9: Planta do sistema de tratamento de resíduos proposto

Após dimensionar os órgãos segundo a tabela 6.3 e tendo por base o fluxograma referente à figura 6.1 facilmente se procedeu à estruturação e disposição dos diferentes órgãos.

Na execução da planta esteve sempre presente como princípio fundamental a funcionalidade do sistema, mas também, ocupar o menor espaço possível para reduzir valores de aquisição do espaço.

Os tanques de receção foram alinhados e colocados o mais próximo possível da entrada para evitar a passagem dos camiões a toda a zona do sistema (salvo aquando da necessidade de manutenção) poupando tempo de manobra dos veículos.

Assim sendo, os resíduos verdes, os equiparados a RSU, equiparados a entulho, e outros resíduos são descarregados directamente no respetivo contentor, que por uma questão de logística, para facilitar a descarga dos camiões pesados, é conveniente que tenham no mínimo 5m³, apesar de se estimar uma quantidade inferior de cada um.

O tanque de armazenamento de gorduras foi estrategicamente colocado o mais perto possível do tanque das lamas e consequentemente mais próximo do digestor, assim como, a ETAR compacta entre a zona de compostagem, para abastecer a necessidade de humidade, e a linha de tratamento das areias para receber as águas da lavagem e de escorrência.

A zona de compostagem tem reservada uma área de 60 m² em local coberto e protegido dos ventos como já foi referido.

CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES FINAIS

7.1 Síntese e Conclusão

Esta dissertação apresenta o estudo de um projeto aplicado à realidade de uma empresa prestadora de serviços ao nível da manutenção de redes de drenagem.

Numa fase inicial investigou-se quanto à matéria existente sobre o assunto no que se refere a sistemas semelhantes e requisitos legais.

Após fazer um levantamento do tipo de resíduos obtidos na manutenção de redes de drenagem, suas características e respetivas quantidades, analisou-se os tratamentos possíveis para cada tipo de resíduo e verificou-se que se poderiam adotar tratamentos já existentes.

Desta forma, procedeu-se a uma combinação de órgãos que de uma forma muito prática e relativamente económica se dimensionou um sistema de tratamento de resíduos que apesar de não ser inovador é um sistema novo, muito coerente e baseado em elementos comuns a outros sistemas onde foi já demonstrada e comprovada cientificamente a sua eficácia.

Apesar das dificuldades encontradas, em especial, ao nível da escassa bibliografia sobre o assunto foi possível desenvolver um projeto viável que poderá ser facilmente usufruído pela empresa em causa, sendo que, poderá ser solução para a problemática da deposição dos seus resíduos.

A colocação em prática deste projeto poderá diminuir o número de viagens efetuadas, reduzir percursos e consequentemente os custos e impactes ambientais associados, além de se tratar de uma solução prática e adaptada à realidade da empresa, nomeadamente no que se refere aos resíduos gerados, veículos utilizados e na resposta a alguns serviços usualmente cancelados por falta de local para deposição.

Este sistema tem ainda a vantagem de se poder dividir em módulos, podendo estar a trabalhar por zonas conforme o tipo de resíduo e quantidade diária que como foi explicado pode variar muito de dia para dia, e ao longo do dia, e desta forma, perspectiva-se o rendimento máximo dos resíduos. É um sistema que não requer trabalho em contínuo, pelo que, não será necessário a presença constante de operadores mesmo por períodos mais longos, como o fim-de-semana, não haverá necessidade de controlo do sistema.

A concretização deste projeto poderá estabelecer uma atuação mais concreta e programada sobre questões de primordial importância para a empresa, como a uma gestão mais eficaz dos serviços perspectivando a eficiência económica.

A implementação do projeto permite rentabilizar os meios existentes e, conseqüentemente, incrementar a atividade da empresa possibilitando a prática de preços mais competitivos

Com o presente estudo reuniram-se elementos que constituem um instrumento útil para a empresa na busca de novas perspectivas de atuação e considera-se um investimento justificável no tempo.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

Ainda no âmbito deste trabalho, a nível de perspectivas de propostas futuras seria interessante investigar outras vertentes:

- a viabilidade económico-financeira do sistema proposto a um nível mais exaustivo de forma a detectar os ajustamentos necessários ao sucesso do projeto;
- proceder à comparação das despesas atuais com transporte, tratamento e deposição final dos resíduos e os custos de operação do sistema;
- tempo de amortização do investimento tendo em conta lucros com a possível receção de resíduos gerados por outras empresas do sector;
- desenvolvimento do mercado do sector com esta nova realidade;
- analisar o número de serviços adjudicados antes e após a implementação do sistema;
- analisar a possibilidade de implementação do sistema em instalação já existente como por exemplo uma ETAR desactivada;

Estas são apenas algumas das numerosas sugestões para possíveis estudos futuros.

Referências bibliográficas

- ÁGUA, Técnicas de tratamento, 2011 - Apontamentos da unidade curricular do Curso de Engenharia do Ambiente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu;
- ALAN, Henn, 2005 - Avaliação de dois sistemas de manejo de dejectos de uma pequena propriedade produtora de suínos;
- ALFA LAVEL, Catálogo da empresa;
- ANDRADE, Neto, C. O., 1997 – Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários – Rio de Janeiro;
- ASHLEY, Richard M.; FHASER, Alasdair; BURROWS, Richard; BLANKSBY, John, 2001 – The management of sediment in combined sewers;
- BATISTA, J. M.; PÁSSARO, D. A.; SANTOS, R. F.; ALMEIDA, J.; NEVES, T.; SILVA, J. S; BORGES, S; RAMOS, R.; NUNES, M.; SILVA, J.; SIMAS, L., 2006 - Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal – Controlo de perdas de água em Sistemas públicos de adução e distribuição;
- BATSTONE, D.; KELLER, J.; ANGELIDAKI, R.; KALYUZHNYI, S.; PAVLOSTATHIS, S.; ROSSI, A.; SANDERS, W.; SIEGRIST, H.; VAVILIN, V; 2002 - Anaerobic Digestion Model., IWA Publishing
- BEENEN, A.S., VIS, H., VAN, Gestel P.J., RABENORT, A., 2005 - SPIRIT: Towards an interactive tool for predictive asset management of sewer systems. *10th International Conference on Urban Drainage*, Copenhaga, Dinamarca, 21-26 Agosto 2005;
- BENN, F. R. & MCAULIFFE, C. A., 1981 - “Química e Poluição”, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro;
- BRITES, A. P., GASTALDINI, M. C., GARCIA, J. B., GELLER, R., Marcelo J., HAGEMAN, S. - Avaliação dos Resíduos Sólidos Veiculados em sistemas de drenagem Urbana - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Hidráulica e Saneamento;
- CAPANA, A. S., MARTIN, Q. V., CRESPI, M. S., RIBEIRO, A., BARUD, H. S., 2009 - Thermal behavior of residues (sludge) originated from Araraquara water and sewage treatment station;

- CHERAMISINOFF, Nicholas P., 2002 – Handbok of Water and Waste Water Treatment Technologies – Butterworter, Heinemann;
- Directiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1991.
- Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio.
- Decreto-Lei n.º 197/2003, de 27 de Agosto.
- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro.
- Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho.
- Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE).
- ECOMACHINE, Catálogo da empresa;
- ELLIS, J., 2001- Sewer Infiltration/Exfiltration and Interactions with Sewer Flows and Groundwater Quality;
- FERREIRA, F., 2006 - Modelação e Gestão Integrada de Sistemas de Águas Residuais - Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa;
- GRANDY, Leslie C.P. Jr.; DAIGGER, Glen T.; LIM, Henry C., 1999 – Biological Waste Water Treatment, Second Edition, revised and expanded Dekker;
- HAFSKJOLD, Lelf Sigurd Hafskjld, KONIG, Axel, SAEGROV, Sveinung, SCHILLING, Wolfgang – Improved Assessment of Sewer Pipe Condition – Department Water and Enviroment, KKlaebuveien 153, NO -7465 Trondheim, Norway;
- JUNQIU, Jiang, QINGLIANG, Zhao, LIANGLIAN, Wei, KUN, Wang , DUU, Jong Lee, 2010 - Degradation and characteristic changes of organic matter in sewage sludge using microbial fuel cell with ultrasound pretreatment - State Key Laboratory of Urban Water Resources and Environments (SKLUWRE), School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Department of Chemical Engineering, National Taiwan University;
- LAMPKIN, N,1992 - Organic Farming. Farming Press, UK;
- LIMPA CANAL - Informação e catálogo cedidos pela empresa;

- MARA, D., 1996- Low Cost Urban Sanitation - Inglaterra, Chichester: Jonh Wiley & Sons Ltd;
- MALGRAT, P., VILLANUEVBA A., SUÑER D. , 2005 - Influence of the new European Directives on the urban drainage system - *10th International Conference on Urban Drainage*, Copenhaga, Dinamarca;
- MATOS, J. S., 2003- Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano; Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, Lisboa;
- MATOS, J. S., 2008- Perspectivar o Futuro da Gestão de Águas Residuais Em Meio Urbano;
- METCALF,& EDDY, 2003- Wastewater Engineering - Treatment and Reuse: 4 edição;
- NP EN 752-2 (1999) Norma Portuguesa para Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais Parte 2: Requisitos de Desempenho. Versão Portuguesa da Norma Europeia, EN 752-2:1996. Instituto Português da Qualidade. Portugal
- OLSSON, Gustaf, NEWELL, Bob, 1999 – Waste Water Treatment Systems Modeling, Diagnostisis and Control – IWA Publishing;
- PAING, J., SAMBUCCO, J.P., COSTA, R.H.R. and PICOT, B., 2001 - Reduction of odor from anaerobic pond with different operating practices, 1st IWA International Conference on Odour and VOCs: Measurement, Regulation and Control Techniques, UNSW Sydney, Australia;
- PHILIPP, Staufer*, DETTMAR, Joachim **, PINNEKAMP, Johannes *, 2007 - Improvement of water quality by sewer network Flushing - * Institute of Environmental Engineering, RWTH Aachen University, Aachen, Germany, ** Hydro-Ingenieure GmbH, Dusseldorf, Germany;
- PEREIRA, M. F. M., 2008 - Contributo para Avaliar a Possibilidade de Reutilização das Areias Removidas nas ETAR – Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária;

- PITA, F. A. G., 2002 - Tratamento de águas residuais domésticas, Vol. II., Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra;
- Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março;•Portaria n.º 335/2007 de 16 de Maio.
- QUINTELA, A., 2005 – Hidráulica – Fundação Calouste Gulbenkian, 9º Edição, Lisboa;
- REZA, H.S.M. Shirazi, WILLEMS Patrick and BERLAMONT Jean - Application of flushing tanks in simple sewer networks for in-sewer sediment erosion and transport.
- RIVARD, C. J., 1993- Pretreatment Technology for the Beneficial Biological Reuse of Municipal Sewage Sludges, and NICHOLAS J. NAGLE Applied Biological Sciences Branch, Alternative Fuels Division, National Renewable Energy Laboratory, Golden;
- RIFFALDI, R; LEVI-MINZI, R; SAVIOZZI, A & CAPURRO, M, 1992 - Evaluation garbage compost – Biocycle;
- SOUSA, E. R., 2005- Concepção dos Sistemas de Drenagem - Instituto Superior Técnico, Lisboa;
- SWARTENBROEKX, P., DAMME D., VANROY F., FONSECA E., MARTINS J., 2001 - An Integrated and Customerdriven Concept for Sewer asset Management Applied by Águas de Gaia – Villa Nova de Gaia;
- UNITED NATIONS, 2003- Waste-Water Treatment Technologies: a General View: Economic and Social Commission for Western Asia;
- VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994 – Tratamento anaeróbio de esgotos;

Endereços Electrónicos consultados

- AMBIENTE, Agência Portuguesa, Território, Ministério do Ambiente; acedido a 11-10-2010, <<http://www.iambiente.pt>>.
- RESÍDUOS, Portal Português de Gestão, Net Resíduos; acedido a 25-10-2010, <<http://www.netresiduos.com/pt>>.
- RESÍDUOS, Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), acedido a 21-02-2010, <<http://www.irar.pt>>